



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



# PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

## Dissertação de Mestrado

RESPOSTAS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TIPOS DE ADUBAÇÃO  
NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PINHÃO-MANSO EM  
CONDIÇÕES DE CAMPO

JERÔNIMO ANDRADE DA NÓBREGA

Biblioteca UFCEG  
SMBC\_CDSA  
CAMPUS DE SUMÉ  
Reg.10289/12

Campina Grande  
Paraíba

S  
1(043.3)  
137r  
.02

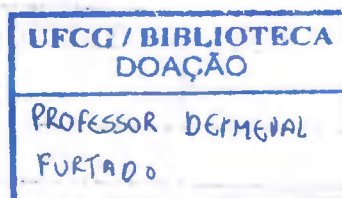


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

MESTRADO



ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**RESPOSTAS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TIPOS DE ADUBAÇÃO**  
**NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PINHÃO-MANSO EM**  
**CONDIÇÕES DE CAMPO**

Dis  
631(043.3)  
N337r  
ex.02

**DISSERTAÇÃO**

**JERÔNIMO ANDRADE DA NÓBREGA**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**AGOSTO - 2010**

**JERÔNIMO ANDRADE DA NÓBREGA**

*ENGENHEIRO AGRÔNOMO*

**RESPOSTAS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TIPOS DE ADUBAÇÃO  
NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PINHÃO-MANSO EM  
CONDIÇÕES DE CAMPO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:

**IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

ORIENTADORES:

**CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO – Doutor - UFCG/CTRN/UAEAg**

**JOSÉ DANTAS NETO – Doutor – UFCG/CTRN/UAEAg**

COLABORADORES:

**GILBERTO DA CRUZ GOUVEIA NETO- Mestre- UFCG/CTRN**

**BERANGER ARNALDO –Mestre- UFCG/CTRN**

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

Agosto - 2010





UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

JERÔNIMO ANRADE DA NÓBREGA

PRODUTIVIDADE DO PINHÃO-MANSO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA EM  
CONDIÇÕES DE CAMPO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo – Orientador

Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Dantas Neto – Orientador

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima - Examinadora

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Crispiniano Feitosa Filho – Examinador

Aprovado

FEVEREIRO - 2010

## **DEDICO**

A meus pais, Jamacy Andrade da Nóbrega e Idalete Nóbrega da Costa, fortaleza de minha vida.

A minha companheira Neidivânia, pelo apoio, incentivo e compreensão durante esta trajetória, e a minha filha, Layla.

UFCC - BIBLIOTECA

## AGRADECIMENTOS

*A DEUS, por estar sempre ao meu lado, me abençoando com saúde, paz, amor, coragem e muita força para realizar este trabalho, fazendo com que eu conquiste mais uma etapa na vida.*

*A meus pais, meus irmãos e a todos os meus familiares, por seu apoio, carinho e estímulo durante esta caminhada.*

*Ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade na realização deste curso.*

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.*

*À Fazenda Barra, na pessoa de Beranger pelo grande apoio na realização desta pesquisa.*

*Aos meus orientadores, Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo e Dr. José Dantas Neto, por todos os ensinamentos transmitidos, pela valiosa contribuição acadêmica e pela grande amizade e incentivo.*

*Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), Chico e Doutor, pela inestimável ajuda na realização das análises e pela amizade.*

*Às funcionárias da Coordenação de Pós-graduação, Elaine e D. Cida, pela colaboração irrestrita.*

*Aos Professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Hugo, Vera, Lúcia e Hans, por todos os ensinamentos e amizade.*

*Aos colegas de curso Gilberto, Sebastião, Eloy, Renê, Iedo, Evami, Fred, Reginaldo, Lúcio, Japa, Elka, Leda, Kelliane, Niwton, Kaline, Ana Cristina, Rosalve, Diva, Jorge, Leandro, Janivan, Madson, Joab, Cícero Cordão, Roger, Doroteu, Jamacy, Vinícius, Amilton, Hamilton, Silvana, Joelma, Robi, Karina, Patrício, Walber, Wagner Walker e Rafael pela ajuda nas horas mais difíceis e união.*

*Aos amigos Denys, Jalles, Newton, Alisson, Tony, Caio, Neivaldo, Carlos Wagner, Max, Ana Lúcia, Elcio e Marcos Brito, pelo incentivo.*

*Agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação profissional e na realização desta pesquisa.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMO</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
2.1. Objetivo Geral.....	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
3.1. A Cultura do pinhão-manso.....	16
3.2. Descrição botânica, morfologia e fisiologia do pinhão-manso.....	16
3.3. Importância econômica da cultura.....	18
3.4. Requerimentos ambientais.....	19
3.5. Clima e solo.....	19
3.6. Necessidades nutricionais.....	20
3.7. Efeito dos sais nas plantas.....	21
3.8. Efeito da qualidade da água nas propriedades do solo.....	22
3.8. Irrigação e problemas de salinidade.....	23
3.10. Evapotranspiração da cultura.....	24
3.11. Eficiência do uso da água.....	25
3.12. Qualidade da água.....	26
3.13. Estresse hídrico em plantas.....	27
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
4.1. Localização do experimento.....	28
4.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	29
4.3. Sistema e manejo de irrigação.....	31
4.4. Salinidade do solo.....	32
4.5. Adubação.....	34
4.6. Variáveis de crescimento.....	34

4.6.1. Altura de Plantas (AP), Diâmetro do Caule(DC).....	34
4.6.2. Número de folhas.....	35
4.6.3. Taxa de Crescimento Absoluto (TCA).....	35
4.7. Variáveis de Produção.....	35
4.6.1. Peso dos frutos, sementes e da casca.....	35
4.8. Análise foliar no final do experimento .....	36
4.9. Análises estatísticas.....	36
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>37</b>
5.1. Balanço hídrico da cultura.....	37
5.2. Variáveis de crescimento.....	38
5.2.1. Altura de Plantas (AP) .....	38
5.2.2. Diâmetro Caulinar (DC) .....	42
5.2.3. Número de Folhas (NF) .....	49
5.2.4. Taxas de Crescimento Absoluto em Altura de Plantas (TCA AP).....	53
5.2.5. Taxas de Crescimento Absoluto em Diâmetro Caulinar (TCA DC) .....	54
5.3. Variáveis de produção.....	55
5.3.1. Peso dos frutos, casca e sementes.....	55
5.4. Análise nutricional das folhas.....	57
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>60</b>





TABELA	<b>LISTA DE TABELAS</b>	PÁGINA
<b>Tabela 1.</b>	Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade	26
<b>Tabela 2.</b>	Precipitação e evapotranspiração média mensal do município de Santa Luzia, PB	28
<b>Tabela 3.</b>	Características físico-químicas da água utilizada nas irrigações, Fazenda Barra, município de Santa Luzia, PB.	31
<b>Tabela 4.</b>	Características do solo quanto à salinidade antes do transplântio, Fazenda Barra, município de Santa Luzia, PB.	33
<b>Tabela 5.</b>	Características químicas do solo antes do transplântio, Fazenda Barra município de Santa Luzia, PB.	34
<b>Tabela 6.</b>	Resumo das análises de regressão da altura de plantas (cm) do pinhão-mansó irrigado com água salina e adubado aos 90, 150, 210, 270, 330 e 390 DAT	39
<b>Tabela 7.</b>	Médias do desdobramento para altura de plantas (cm) aos 150 DAT	40
<b>Tabela 8.</b>	Resumo das análises de regressão do diâmetro do caule (mm) do pinhão-mansó irrigado com água salina e adubado aos 90, 150, 210, 270, 330 e 390DAT	43
<b>Tabela 9.</b>	Médias do desdobramento para diâmetro de caule (mm) aos 210 DAT	46
<b>Tabela 10.</b>	Média do desdobramento da interação LxA para diâmetro de caule (mm) aos 390 DAT	48
<b>Tabela 11.</b>	Resumo das análises de regressão do número de folhas do pinhão-mansó irrigado com água salina e adubado aos 90, 150, 210, 270, 330 e 390DAT	50
<b>Tabela 12.</b>	Médias do desdobramento da interação LxA para número de folhas aos 330 DAT.	51
<b>Tabela 13.</b>	Resumo das análises de regressão do peso das sementes, dos frutos e da casca do pinhão-mansó irrigado com água salina e adubado aos 90, 150, 210, 270, 330 e 390DAT	56
<b>Tabela 14.</b>	Resumo das análises de variância dos teores de macro e micronutrientes em folhas de pinhão-mansó	58

FIGURA	<b>LISTA DE FIGURAS</b>	PÁGINA
<b>Figura 1.</b>	Croqui da área experimental, Fazenda Barra, Santa Luzia, PB, 2009	30
<b>Figura 2.</b>	Frutos de pinhão-manso adequados para colheita	36
<b>Figura 3.</b>	Frutos secos e semente do pinhão-manso	36
<b>Figura 4.</b>	Balanço hídrico do experimento, Fazenda Barra, Santa Luzia, PB.	37
<b>Figura 5.</b>	Análise de regressão para alturas das plantas aos 150 DAT em função da reposição da ETo	40
<b>Figura 6.</b>	Análise da altura de plantas sem adubação e da reposição da ETo aos 390 DAT.	41
<b>Figura 7.</b>	Análise da altura de plantas em função da adubação mineral e da reposição da ETo aos 390 DAT	41
<b>Figura 8.</b>	Análise de regressão para diâmetro do caule aos 270 DAT, em função da reposição da ETo.	44
<b>Figura 9.</b>	Análise de regressão para diâmetro do caule aos 330 DAT, em função da reposição da ETo	44
<b>Figura 10.</b>	Análise de regressão para diâmetro do caule aos 390 DAT, em função da reposição da ETo	45
<b>Figura 11.</b>	Análise de regressão da interação LxA para diâmetro do caule aos 210 DAT, em função da reposição da ETo	46
<b>Figura 12.</b>	Análise do diâmetro do caule em função da adubação mineral e da reposição da ETo aos 210 DAT	47
<b>Figura 13.</b>	Análise do diâmetro do caule sem adubação em função da reposição da ETo, aos 390 DAT	48
<b>Figura 14.</b>	Análise do diâmetro do caule em função da adubação mineral e da reposição da ETo, aos 390 DAT	49
<b>Figura 15.</b>	Análise de regressão para número de folhas aos 330 DAT em função da reposição da ETo	52
<b>Figura 16.</b>	Análise do número de folhas em função da adubação orgânica e da reposição da ETo, aos 330 DAT	52

<b>Figura 17.</b> Análise do número de folhas em função da adubação mineral e da reposição da ETo, aos 330 DAT.	53
<b>Figura 18.</b> Análise da taxa de crescimento absoluto, na altura de plantas	54
<b>Figura 19.</b> Análise da taxa de crescimento absoluto, diâmetro do caule	55

# RESPOSTAS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TIPOS DE ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO PINHÃO-MANSO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

## RESUMO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta produtora de óleo atualmente considerada como alternativa para a produção de biodiesel. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar os efeitos da aplicação de diferentes níveis de reposição da evapotranspiração, através da irrigação com água salina, e efeitos da adubação orgânica e mineral no cultivo do pinhão-manso em condições de campo. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Barra, no município de Santa Luzia, no semiárido paraibano. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, em um esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Foram estudados cinco níveis de reposição de água (25; 50; 75; 100 e 125% da evapotranspiração de referência) e três tipos de adubação (orgânica, mineral e fertilidade natural do solo, isto é, sem aplicação de adubo). As variáveis avaliadas foram: altura das plantas; diâmetro do caule; número de folhas; peso das sementes, dos frutos e da casca, e no fim do experimento, foi realizada uma análise foliar objetivando-se observar o acúmulo de nutrientes nas folhas. As lâminas de irrigação e o tipo de adubação exerceram, em determinado período de avaliação ou em todos eles, efeitos significativos nos parâmetros de crescimento e no número de folhas. As lâminas de irrigação não afetaram o peso das sementes, dos frutos nem da casca, enquanto a adubação causou efeito altamente significativo. As lâminas de irrigação promoveram efeito significativo no teor de nutrientes das folhas no final do experimento, apenas nos elementos sódio e nitrogênio, enquanto o efeito das adubações não foi significativo em nenhum dos elementos. As diferenças no teor de nutrientes das folhas entre as lâminas de 25% e 75% da ETo foram significativas apenas para os elementos N e Na; já nas médias dos tratamentos das adubações orgânica e mineral e sem adubação, não ocorreram diferenças estatísticas.

**Palavras-chave:** lâminas de irrigação, *Jatropha curcas*, biodiesel



# GROWTH AND PRODUCTION OF THE *JATROPHA CURCAS* FERTILIZED AND IRRIGATED WITH SALINE WATER UNDER FIELD CONDITIONS

## ABSTRACT

The *Jatropha curcas* is a oil producer plant now considered as an alternative for biodiesel production. This research aimed to evaluate the effects of the application of different levels of replacement of the evapotranspiration, through the irrigation with saline water, and effects of the organic and chemical manuring in the cultivation of the *Jatropha curcas* under field conditions. The experiment was developed in the Farm Barra, in the municipal district of Santa Luzia, in the Paraíba semi-arid. The used statistical design was in randomized blocks, in a scheme of subdivided plots, with four replications. Five levels of replacement of water (25; 50; 75; 100 and 125% of the reference evapotranspiration) and three manuring types (organic, mineral and natural fertility of the soil, that is, without fertilizer application) were studied. The appraised variables were: plants height; stem diameter, number of leaves, the seeds, fruits and peel weight, and at the end of the experiment a leave analysis was accomplished, aiming to observe the accumulation of nutrients in the leaves. The irrigation water depths and the manuring type exercised, in a certain evaluation period or in all of them, significant effects on the growth parameters and on the number of leaves. The irrigation water depths didn't affect the weight of the seeds, of the fruits and of the peel, while the manuring caused effect highly significant. The irrigation water depths promoted significant effect on the content of nutrients of the leaves by the end of the experiment, just in the elements sodium and nitrogen, while the effect of the manurings was not significant in none of the elements. The differences in the content of nutrients of the leaves among the water depths of 25% and 75% of ETo were significant just for the elements N and Na; already in the mean of the treatments of the organic and chemical manurings and without manuring, didn't happen statistical differences.

**Key words:** irrigation blades, *Jatropha curcas*, biodiesel

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o século passado os combustíveis derivados de petróleo têm sido a principal fonte de energia no mundo. No entanto, previsões de que este recurso se extinga, somadas às crescentes preocupações com o ambiente, têm levado à busca de fontes de energia alternativa e renovável (GHASSAN et al., 2003).

Para Ramos et al. (2003), dentre as fontes de biomassa prontamente disponíveis, os óleos vegetais têm sido largamente investigados como candidatos a programas de energia renovável, pois proporcionam uma geração descentralizada de energia, tal como o cultivo de espécies oleaginosas constitui alternativas em apoio à agricultura familiar, criando melhores condições de vida em regiões carentes, valorizando potencialidades regionais e oferecendo alternativas a problemas econômicos e sócioambientais.

A demanda por fontes renováveis de energia tem crescido nos últimos anos, especialmente pela escassez, alta do preço do petróleo e devido à preocupação quanto às mudanças climáticas globais. Entre as fontes renováveis de energia, a biomassa é alvo de grande atenção, como no caso da produção de biodiesel. No semiárido do Nordeste do Brasil a produção de biodiesel a partir do óleo de maníoca tem se destacado sobremaneira; entretanto, além da maníoca existem diversas outras oleaginosas adaptadas ao clima desfavorável da região, tais como a oiticica, catolé e pinhão-mansão, cujo potencial produtivo ainda carece de mais estudos.

Para as condições do semiárido brasileiro, que representa cerca de 70% do território nordestino (18% da área territorial do País) surgiu, recentemente, o interesse pelo pinhão-mansão, que tem a vantagem de ser uma cultura perene com possibilidades de se tornar mais uma alternativa para a produção de óleo de boa qualidade com vista à produção sustentável de biodiesel, no País (BELTRÃO, 2006). No mundo todo é escasso o conhecimento sobre esta planta, cujo gênero tem mais de 170 espécies, sendo a mais importante a *Jatrofa curcas* L. Somente nos últimos 30 anos é que os estudos agrônômicos sobre esta planta vêm tomando impulso, embora não seja ainda domesticada (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

As perspectivas favoráveis da implantação racional dessa cultura decorrem não apenas dos baixos custos de sua produção agrícola, conforme se deve esperar diante das vantagens anunciadas mas, sobretudo, porque poderá ocupar solos pouco férteis e arenosos, de modo geral inaptos à agricultura de subsistência proporcionando, desta maneira, uma nova opção

econômica às regiões carentes do País, principalmente na agricultura familiar (MAKKAR et al., 1997)

A literatura disponível referente à cultura do pinhão-manso ainda é bastante escassa, visto que pouco se conhece sobre a sua bioquímica e fisiologia; não existem cultivares definidas e alguns aspectos agronômicos ainda carecem de investigação como, por exemplo, a população ideal de plantas e a configuração de plantio (BELTRÃO, 2006); entretanto, com a possibilidade do uso do óleo do pinhão-manso para a produção do biodiesel, novas e amplas perspectivas se abrem para o aumento das áreas de plantio com esta cultura, no semiárido nordestino.

Em regiões semiáridas nem sempre existem disponibilidade e qualidade de água para o uso na agricultura irrigada. Desta forma, o uso de água salina na irrigação deve ser considerado alternativa importante para a produção agrícola. Neste sentido, tornam-se imprescindíveis a definição de estratégias de manejo e o uso racional da água (RHOADES et al., 2000).

As principais causas da salinização dos solos agrícolas são as irrigações mal-conduzidas e o manejo incorreto da adubação. Para que se possa evitar a salinização dos solos ou mesmo cultivar em solos com problemas de salinidade, recomenda-se realizar drenagem adequada, lixiviar o excesso de sais, usar culturas mais tolerantes e métodos de irrigação adequados às condições de salinidade do solo e da água de irrigação. A qualidade da água utilizada na irrigação é uma característica que deve ser questionada antes do início do cultivo, pois se trata de um dos fatores que têm limitado ou impossibilitado a expansão da produção agrícola no Nordeste brasileiro. Além disso, a alta taxa de evapotranspiração e a baixa pluviosidade contribuem para a salinização dos solos irrigados (MEDEIROS, 1992).

A água é fator de fundamental importância para a produção de alimentos, especialmente sob condições irrigadas. A prática da irrigação é, em muitas situações, a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, sobretudo em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o semiárido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas em virtude da taxa de evapotranspiração exceder a de precipitação, durante a maior parte do ano.

Diante do exposto, o cultivo do pinhão-manso irrigado com água salina em condições de campo, foi avaliado para diferentes lâminas de reposição da evapotranspiração e tipos de adubação.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Estudar os efeitos da aplicação de diferentes níveis de reposição da evapotranspiração, através da irrigação com água salina, e efeitos da adubação orgânica e mineral no cultivo do pinhão-mansão em condições de campo.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Estudar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação com água salina e da adubação orgânica e mineral, no crescimento e na produção do pinhão-mansão irrigado por gotejamento.
- Determinar o nível de água aplicada e o tipo de adubação que proporcionam o máximo crescimento e produtividade do pinhão-mansão.
- Determinar o efeito da água de irrigação e do tipo de adubo sobre o aspecto nutricional das folhas do pinhão-mansão, no final do experimento.



### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A cultura do pinhão-manso

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta produtora de óleo e bem adaptada a diversas regiões do Brasil, pertence à família Euphorbiaceae, sua origem é duvidosa, alguns a consideram nativa do Brasil mas, conforme a ABA (2007), seu mais provável local de origem é a América Central. Possui crescimento rápido em solos pedregosos e de baixa umidade. Muitas vezes é cultivado como cerca viva mas seu maior emprego está na medicina popular; no entanto, as sementes são tóxicas aos seres humanos e animais (HELLER, 1996).

Devido à demanda energética sempre crescente em todo o mundo, as prioridades se voltam para fontes energéticas renováveis destacando-se, dentre elas, o pinhão-manso como excelente alternativa, diminuindo os impactos negativos de combustíveis originados do petróleo sobre o meio ambiente; é uma nova opção de emprego e renda que se apresenta no meio rural, além de matéria-prima para a obtenção de produtos necessários ao desenvolvimento da indústria.

O pinhão-manso é uma planta de crescimento rápido, vida longa, adaptável a locais pobres em nutrientes; sua exploração com fins industriais, segundo informações da literatura é viável com o uso de águas de qualidade inferior.

#### 3.2. Descrição botânica, morfologia e fisiologia do pinhão-manso

A denominação científica em grego “*Jatropha*”, significa medicamento. De fato, sua semente era usada como vermífugo ou purgante de animais. O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), também conhecido como pinhão-branco, pinhão do Paraguai, purgueira, pinhão-de-purga, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, turba, tartago, medicineira, tapete, siclitê, pinhão-do-inferno, figo-do-inferno, inhão-das-barbadas, sassi, etc, é originário, provavelmente, do Brasil, tendo sido introduzido por navegadores portugueses nas Ilhas do Arquipélago Cabo Verde e Guiné, de onde foi disseminada pelo continente africano (TOMINAGA et al., 2007).

Segundo Cortesão (1956), os portugueses distinguem duas variedades de pinhão, catártica medicinal, a mais dispersa no mundo, com amêndoas muito amargas e purgativas e a variedade árvore de coral, medicinal-de-espanha, árvores de nozes purgativas, com folhas eriçadas de pelos glandulares que segregam látex, límpido, amargo, viscoso e muito caustico. É uma árvore de crescimento rápido cuja altura normal é de dois a três metros, podendo atingir até seis metros, dependendo das condições e diâmetro do tronco de aproximadamente 20 cm (TOMINAGA et al., 2007). Possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida mas pouco resistente; floema com longos canais que se estendem até as raízes, nos quais circula o látex, suco leitoso que corre com abundância de qualquer ferimento.

O tronco ou fuste é dividido desde a base, em ramos comprimidos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (BRASIL, 1985).

Tominaga et al. (2007) relatam que as folhas novas do pinhão-mansão têm cor vermelho-vinho mas se tornam verdes e brilhantes ao crescer; caem na época de seca ou na estação fria e a planta entra em repouso; no começo da primavera ou da época das chuvas, a planta rebrota e termina o período de repouso e, junto com as folhas novas, surgem as inflorescências; trata-se de uma planta monóica, com flores masculinas e femininas na mesma inflorescência. As flores são brancas e formam buquê com 10 a 20 flores femininas e mais de 50 masculinas. As flores femininas têm pedúnculo longo, isoladas e se localizam nas ramificações, enquanto as flores masculinas têm dez estames, cinco unidos na base e cinco unidos na coluna, localizando-se nas pontas das ramificações.

A abertura das flores femininas na mesma inflorescência ocorre em dias diferentes. Após abertura da primeira flor as outras se abrem diariamente, durante cerca de 11 dias consecutivos. A polinização se dá por insetos (abelhas, formigas, trips e moscas). Da flor ao fruto maduro são decorridos cerca de 60 dias (DIAS et al., 2007).

De acordo com Cortesão (1956) e Brasil (1985), o pinhão-mansão possui fruto capsular ovóide (diâmetro de 1,5 a 3,0 cm), trilocular, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, ou seja, que não se abrem quando maduros, via de regra com uma semente por cavidade. A maturação não é uniforme observando-se, em um mesmo cacho, frutos verdes, amarelos quando maduros, castanhos e por fim pretos; no geral, 53 a 62% do peso do fruto são representados pelas sementes e 38 a 47%, pela casca. O peso dos frutos varia de 1,5 a 3,0 gramas.

A semente é relativamente grande; quando secas, medem de 1,5 a 2 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura; tegumento rijo, quebradiço, de fratura resinosa. Debaxo do invólucro da semente existe uma película branca cobrindo a amêndoa; albúmen abundante, branco, oleaginoso, contendo o embrião provido de dois largos cotilédones achatados. A semente de pinhão, que pesa de 0,551 a 0,797 g, pode ter, dependendo da variedade e dos tratamentos culturais, etc, de 33,7 a 45% de casca e de 55 a 66% de amêndoa. Segundo a literatura, são encontrados ainda nessas sementes, 7,2% de água, 37,5% de óleo e 55,3% de açúcar, amido, albuminóides e materiais minerais, sendo 4,8% de cinzas e 4,2% de nitrogênio. Conforme Silveira (1934), cada semente contém 27,90 a 37,33% de óleo e na amêndoa se encontram de 5,5 a 7 % de umidade e 52,54 a 61,72% de óleo.

### 3.3. Importância econômica da cultura

Até antes da segunda Guerra Mundial, em 1939, o principal emprego do óleo de pinhão-mansoso era na saboaria e na fabricação de estearina mas, devido às necessidades militares, outras prováveis utilizações começaram a ser estudadas; não pode, contudo, ser utilizado como lubrificante em virtude da sua baixa viscosidade e grande porcentagem de ácidos graxos impróprios, que podem provocar rápida resinificação; no entanto, pesquisas levaram à conclusão de que este óleo pode também ser utilizado como combustível nos motores Diesel, o qual se comporta bem, sem qualquer tratamento prévio especial e com quase igual potência às conseguidas como gasoil. Contudo, o consumo é evidentemente maior, em razão de diferença dos poderes caloríficos (CORTESÃO, 1956).

Segundo Brasil (1985), em Portugal e na França as sementes de pinhão-mansoso sofrem o mesmo tratamento industrial que as bagas de mamona, isto é, cozimento prévio e esmagamento subsequente em prensas tipo “expeller”, para extração do óleo que, em seguida, é filtrado, centrifugado e clarificado, resultando um produto livre de impurezas. A torta, que contém ainda aproximadamente 8% de óleo, é reextraída com solventes orgânicos, geralmente hexano, cujo farelo residual é ensacado para aproveitamento como fertilizante natural em virtude dos teores elevados de nitrogênio, fósforo e potássio.

O pinhão-mansoso é utilizado na indústria de fiação de lã, de tinta para escrever, tinta de impressão e tintas para pintura, além de também, como óleo de lustrar e, quando cozido, é misturado ao óxido de ferro, com fins para envernizar móveis; no entanto, seu maior emprego ainda é nas saboarias (MAKKAR et al., 1997). Perido Filho e Villano (1984) produziram biodiesel de pinhão-mansoso e de várias outras oleaginosas para uso em motores produzidos pela FIAT, e obtiveram boas características no combustível.

Além de produzir óleo, o pinhão-mansoso também pode ser utilizado para outros fins, como: a) substituição parcial do arame em cercas vivas já que os animais evitam tocá-lo devido ao látex cáustico que escorre das folhas arrancadas ou feridas; b) pode ser usado como suporte para plantas trepadeiras, como a baunilha (*Vanilla aromática*), visto que o tronco possui casca lisa e macia e c) atua como fixador de dunas na orla marítima (PEIXOTO, 1973). Conforme o autor, na medicina doméstica se aplica o látex da planta como cicatrizante, hemostático e como purgante. As raízes são consideradas diuréticas e antileucêmicas enquanto as folhas são utilizadas para combater doenças de pele. São eficazes também contra o reumatismo e possuem poder anti-sifilítico. As sementes são utilizadas como purgativo verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos quando as ingerem em excesso, o que pode ser perigoso e até

fatal. Atribuem-se as propriedades tóxicas do pinhão a uma globulina, a curcasina, e também ao ácido jatrópico, de toxicidade igual ou superior á de ricinina.

É uma planta oleaginosa viável para a obtenção do biodiesel pois produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, que se pode estender por mais de 40 anos (CARNIELLI, 2008). O óleo produzido pelo pinhão-manso possui todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel; além de fácil cultivo, apresenta boa conservação da semente colhida, podendo tornar-se grande produtora de matéria-prima como fonte opcional de combustível. Esta espécie pode ser cultivada nas pequenas propriedades, com a mão-de-obra familiar disponível, como ocorre com a cultura da mamona, na Bahia, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da região Nordeste (PURCINO e DRUMMOND, 1986).

O pinhão-manso, além de ser excelente fornecedor de óleo vegetal para o biodiesel, está sendo estudado para a recuperação de áreas degradadas pela mineração exposta e para o reflorestamento de áreas desmatadas (TOMINAGA et al., 2007). Devido à cobertura do solo com matéria seca, reduz a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta (PEIXOTO, 1973).

#### **3.4. Requerimentos ambientais**

O pinhão-manso apresenta distribuição geográfica bastante vasta em razão da rusticidade, resistência a longas estiagens e a pragas e doenças, embora seja adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis, desde o Nordeste brasileiro até São Paulo e Paraná; desenvolve-se bem tanto nas regiões tropicais secas como nas zonas equatoriais úmidas e assim como nos terrenos áridos e pedregosos podendo, sem perigo, suportar longos períodos de seca (CORTESÃO, 1956 e PEIXOTO, 1973). O pinhão-manso se adapta a baixas altitudes como o nível do mar, até altitudes próximas a 1000 metros (SATURNINO et al., 2005). Seu cultivo é mais indicado em regiões com altitude entre 500 e 800 m. Em terrenos de encosta, áridos e expostos ao vento, se desenvolve pouco, não ultrapassando os 2 m de altura (CORTESÃO, 1956; PEIXOTO, 1973; DIAS et al., 2007).

#### **3.5. Clima e solo**

Nas regiões semiáridas sua floração anual ocorre de 3 a 4 vezes, podendo chegar a mais de 6 vezes nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, embora o excesso de chuva no período da colheita possa atrapalhar o trabalho (TOMINAGA et al., 2007). Apresenta tolerância às condições de precipitação pluviométricas de 480 a 2.380 mm ao ano, sendo que a produtividade é bastante afetada pela irregularidade na distribuição das chuvas e pelos ventos

UFPE - BIBLIOTECA

fortes e prolongados na época da floração (SATURNINO et al., 2005); observa-se que a planta se desenvolve melhor sob temperatura média de 18 a 28 °C e precipitação acima de 800 mm anuais, bem distribuída (DIAS et al., 2007). Para uma produção adequada o ideal são precipitações acima de 600 mm ao ano e temperaturas médias anuais de 18,0 a 28,5 °C (TOMINAGA et al., 2007).

De acordo com Peixoto (1973) e Brasil (1985), apesar de pouco exigente a condições climáticas e solo fértil, adaptando-se facilmente a variadas condições, o pinhão-mansão deve ser cultivado, preferencialmente, em solos profundos, bem estruturados e pouco compactados para que o sistema radicular possa se desenvolver e explorar maior volume de solo, satisfazendo a necessidade da planta em nutrientes. Os solos muito argilosos, rasos, com umidade constante, pouco arejados e de difícil drenagem, devem ser evitados, haja vista que a planta não tolera áreas encharcadas ou alagadiças.

Dias et al. (2007) relatam que o preparo do solo deve ser realizado com o uso de arado, de preferência de aiveca, devido ao melhor revolvimento e enterrio das sementes das plantas daninhas sendo, em seguida, nivelado por uma grade leve, que não seja aradora. O solo pode ser preparado seco ou no ponto da friabilidade, dependendo de sua textura e estrutura. Em solos ácidos, com pH abaixo de 4,5, as raízes do pinhão-mansão não se desenvolvem tornando-se conveniente a realização de calagem com base na análise química do solo, a qual indicará a quantidade de calcário, gesso, macro e micronutrientes necessários para satisfazer a exigência da cultura.

### **3.6. Necessidades nutricionais**

O pinhão-mansão sobrevive bem em solos pobres e secos, podendo desenvolver-se em áreas marginais e atuar na recuperação de áreas degradadas porém, para se obter altas produtividades, deve ser cultivado em solos com boa fertilidade (TOMINAGA et al., 2007).

O solo deve conter elevado teor de nutrientes já que, na fase de muda, o sistema radicular do pinhão-mansão tem baixa eficiência de absorção; além disso, a planta entra em produção já no primeiro ano de cultivo e, quanto melhor for o seu estabelecimento inicial no campo maior será a produtividade da cultura (DIAS et al., 2007).

A adubação de cobertura com nitrogênio deve ser feita após o pagamento das mudas, ou seja, cerca de dois ou três meses após plantio, quando a planta atingir um metro de altura. Recomenda-se aplicar 40 g de N por planta, na forma de uréia ou sulfato de amônio. A partir do segundo ano a adubação de cobertura deve ser feita logo após a primeira chuva e, dependendo

do resultado da análise do solo, além do nitrogênio devem ser aplicados também fósforo e potássio (TOMINAGA et al., 2007).

Drummond et al. (1984) recomendam a colocação de 10 a 20 L de esterco de curral no solo retirado da cova antes de enchê-lo de novo; segundo os autores, é uma garantia para o bom estabelecimento da planta em campo. Em relação à adubação mineral, referidos autores recomendam a adição de NPK na proporção 4-18-8; no entanto neste trabalho foi utilizado na proporção 6-24-12.

### **3.7. Efeito dos sais sobre as plantas**

Vários são os efeitos dos sais sobre o crescimento, desenvolvimento e qualidade das plantas, dependendo de vários fatores, tais como: natureza e quantidade de sais solúveis, espécie, cultivar e sua tolerância à salinidade, estágio de desenvolvimento fenológico, condições atmosféricas (evapotranspiração), além do manejo de irrigação (AYERS e WESTCOT, 1999). O aumento da salinidade diminui o potencial osmótico da solução do solo e dificulta a absorção de água pelas raízes ao mesmo tempo em que íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  se acumulam nas folhas e afetam os processos fisiológicos da planta (NOBLE e ROGERS, 1992; LAZOF e BERNSTEIN, 1999). A tolerância à salinidade também pode variar entre genótipos de uma mesma espécie e o estágio de desenvolvimento da planta (GHEYI, 1997).

Quando são severamente afetadas por sais, as plantas crescem mais lentamente e são, por esta razão, atrofiadas; as folhas são menores mas podem ser mais espessas do que as de plantas normais e sua coloração é um verde mais escuro; ocorre também o atrofiamento dos frutos, das folhas e dos caules (STROGONOV, 1964).

Os efeitos mais comuns da salinidade sobre os vegetais são a seca fisiológica, proveniente da diminuição do potencial osmótico, o efeito tóxico de íons, principalmente de cloro e sódio, o desequilíbrio nutricional, provocado pela elevada concentração iônica, sobretudo de íons sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes e, conseqüentemente, diminuindo a produtividade das culturas (DANTAS et al., 2002; AMORIM et al., 2002; CARMO et al., 2003).

Nery (2008) estudou a influência de níveis de salinidade da água de irrigação em pinhão-manso, cultivado em ambiente protegido, e verificou que aos 163 dias após a senescência, a altura de plantas, o diâmetro caulinar, o número de folhas e a área foliar, foram afetados linearmente com decréscimos de 3,78, 7,35, 9,75 e 17,74%, respectivamente, por aumento unitário da CEa. O número de frutos, a biomassa de frutos e de sementes do primeiro cacho, não foram afetados pela salinidade da água de irrigação, tal como, também, o número de

cachos e o número de frutos por planta, até CEa de  $1,80 \text{ dS m}^{-1}$ , sendo esta considerada salinidade limiar para essas variáveis. Ainda de acordo com o mesmo autor, a evapotranspiração total da cultura e a evapotranspiração média foram reduzidas em cerca de 43% entre  $0,60$  e  $3,00 \text{ dS m}^{-1}$  (aproximadamente 18% para cada  $\text{dS m}^{-1}$ ).

### **3.8. Efeito da qualidade de água nas propriedades do solo**

Santos (1997) estudando os efeitos de níveis de salinidade da água e de lâminas de irrigação na evolução da salinidade do solo, concluiu que houve acúmulo de sais no solo nas três profundidades estudadas, sendo diretamente proporcionais aos níveis de água de irrigação. Medeiros (1998), Blanco (1999), Silveira (1999) e Dias (2001) demonstraram que o acúmulo de sais é maior na camada superficial do solo quando são feitas irrigações localizadas em períodos curtos.

Os solos afetados por sais podem ser identificados por uma série de observações e estudos da área, que levam em consideração características visuais de campo e diversas análises realizadas tanto por métodos de laboratório como por metodologias de campo. No laboratório, a condutividade elétrica pode ser estimada a partir de medidas da condutividade elétrica do extrato de saturação ( $CE_{es}$ ) (RICHARDS, 1954). Em campo, existem vários métodos disponíveis para determinar a condutividade elétrica e avaliar a salinidade do solo, tais como as técnicas de indução eletromagnéticas e de reflectometria no domínio do tempo (TDR) (RHOADES, 1992), além do uso de extratores de solução.

Nery (2008) em pesquisa realizada com pinhão-mansão em ambiente protegido, verificou que após as irrigações, entre 37 e 163 dias após a semeadura (126 dias de duração), houve incremento linear acentuado nos teores dos íons solúveis  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ , e  $Mg^{++}$  com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Considerando as médias da condutividade elétrica do extrato de saturação ( $2,12 \text{ dS m}^{-1}$ ), da relação de adsorção de sódio ( $[6,22 \text{ mmol L}^{-1}]^{0,5}$ ), da percentagem de sódio trocável (7,22%) e do pH (5,37), constatou-se que não houve salinização nem sodificação do solo.

Assim como as outras propriedades químicas e físicas do solo, a salinidade é uma propriedade bastante variável no espaço e no tempo devido à natureza dinâmica do processo e às interações causadas pelos diversos fatores edáficos (permeabilidade do solo e nível do lençol freático), climáticos (quantidade e distribuição de chuvas, umidade relativa do ar e temperatura) e ação do homem (manejo de irrigação e práticas culturais). Desta forma, na definição das estratégias de manejo e no estabelecimento de planos de recuperação dos solos afetados por

sais, o monitoramento espacial e temporal dos parâmetros que definem a salinidade constitui um aspecto de fundamental importância (QUEIROZ et al., 1997).

### **3.9. Irrigação e problemas de salinidade**

A região semiárida do Brasil é caracterizada por apresentar insuficiência hídrica e chuvas mal distribuídas durante o ano. Desta forma, uma das alternativas para aumento da produtividade nessa região é a irrigação. Entretanto, esta técnica, quando mal-empregada, tem gerado vários problemas ambientais, principalmente a salinização do solo, que pode provocar diminuição acentuada do crescimento e na produtividade das culturas (GHEYI et al., 1991). A salinização pode ser provocada tanto pela presença de sais na água usada para irrigação quanto por deficiência na drenagem da área. Em áreas onde o solo já está salinizado, a recuperação é um processo muito caro e raramente viável e, para aproveitamento dessas áreas, faz-se necessário o desenvolvimento de genótipos mais tolerantes à salinidade, o que viabiliza sua exploração em solo salino. O acúmulo de sais no solo também pode ser um processo natural, observado sobretudo quando há deficiência de drenagem no solo.

Segundo Bernardo (2006) os problemas causados pela salinização, são: diminuição do potencial osmótico da solução do solo, reduzindo sua disponibilidade de água; dispersão das partículas do solo, reduzindo a capacidade de infiltração e causando problemas de toxicidade às plantas. É evidente que todos esses problemas resultarão em um decréscimo na produtividade das culturas.

De acordo com Medeiros e Gheyi (1994), normalmente a salinidade em áreas irrigadas é consequência do uso de água de qualidade inadequada associado ao sistema do manejo solo-água-planta. Qualquer que seja a água utilizada na irrigação ela sempre contém sais, embora a quantidade e a qualidade de sais nela presentes possam variar bastante. O problema da salinidade em áreas irrigadas se torna severo quando o balanço de sais revela uma entrada maior que a saída, indicando um acréscimo de concentração salina na área. Nessas condições, a água de irrigação, além de contribuir para o acréscimo da concentração salina, pode também provocar a ascensão do lençol freático que, através de ascensão capilar, passa a fornecer água e sais à zona radicular. Como as plantas absorvem quantidades pouco significativas de sais e a evapotranspiração remove apenas a água, deverá ocorrer um aumento da concentração salina do solo (BLANCO, 1999).

A manutenção ou incremento da produtividade em uma área irrigada requer um balanço favorável de sais na zona radicular. Os sais da água aplicada devem ser lixiviados para horizontes mais profundos do solo, para lençóis subterrâneos ou para o sistema de drenagem,



de tal forma que as massas de sais que deixam a área sejam iguais ou maiores que as que são aplicadas com a água de irrigação; é importante, também, que sejam aplicadas quantidades adequadas de água para que os níveis do lençol subterrâneo não se elevem a ponto de atingir a superfície do solo, em cujo caso se teria que construir um sistema de drenagem. Historicamente, muitas sociedades têm aplicado água em excesso em suas terras, em muitas áreas do mundo, na atualidade (GHEYI et al., 1997).

O manejo da irrigação compreende um conjunto de procedimentos que devem ser adotados para assegurar o suprimento adequado de água à cultura, durante suas diferentes fases de desenvolvimento, de forma eficiente e econômica, reduzindo as perdas de água e nutrientes, maximizando o rendimento (FRIZONE et al., 2005).

### **3.10. Evapotranspiração da cultura**

A evapotranspiração compreende a perda combinada de água da superfície úmida do solo e transpiração das plantas. Tanto a evaporação como a transpiração ocorrem simultaneamente; na natureza, não é fácil a distinção entre os dois processos. A evaporação é determinada pela disponibilidade de água na camada superficial do solo e pelo saldo de radiação que chega a esta superfície. No estágio inicial de desenvolvimento de uma cultura, a fração da evaporação é alta, diminuindo durante o estágio de crescimento. À medida em que a cultura cobre a superfície do solo, a transpiração passa a ser o principal processo (ALLEN et al., 1998).

Um dos procedimentos utilizados para estimativa das necessidades de água das culturas envolve a determinação de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), a qual, mediante a utilização de coeficiente de cultura ( $K_c$ ) apropriado, permite estimar a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), nos diferentes estágios de seu desenvolvimento vegetativo (SEDIYAMA, 1987).

O consumo de água de determinada cultura é uma função direta da demanda atmosférica do local, do conteúdo de água presente no solo e da capacidade de resistência da planta à perda de água através das folhas. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), quando as plantas estão transpirando o fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera é diretamente proporcional ao gradiente de  $\Psi_w$  e inversamente proporcional ao somatório das resistências. Utilizando-se valores típicos de  $\Psi_w$  para os diversos compartimentos envolvidos (solo, raiz, caule, folha e atmosfera), obtém-se que a resistência ao movimento de água nas paredes celulares (na folha) para a atmosfera exterior é bem maior que o somatório das demais resistências. Portanto, a transpiração deve desempenhar papel fundamental no movimento de água através do sistema solo-planta-atmosfera. Neste sistema solo-planta-atmosfera, a transferência de água ocorre de forma passiva, em resposta às diferenças de potenciais de água

estabelecidos entre o gradiente de potencial formado entre o solo e as células das raízes da planta (SILVA, 1996).

Segundo Sousa e Dantas Neto (1997), o manejo da água em culturas irrigadas tem, como objetivo, decidir como, quanto e quando irrigar. A quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, podendo ser estimada através da evapotranspiração ou por meio da tensão da água no solo. Para se determinar o momento da irrigação, além de outros parâmetros mencionados, pode-se utilizar outras medidas de avaliação de água no solo, como turno de irrigação, ou considerar os sintomas de deficiência de água nas plantas.

Teixeira et al. (2002) utilizaram o método da razão de Bowen para estimar a evapotranspiração da bananeira irrigada, durante dois ciclos de produção (Janeiro de 1999 a Novembro de 2000) no Vale do rio São Francisco. Para o primeiro ciclo de produção, os autores encontraram a evapotranspiração acumulada da cultura de 1210 mm, correspondendo a um valor médio de  $3,8 \pm 1,1 \text{ mm d}^{-1}$  e, no segundo ciclo, o consumo hídrico da cultura foi de 880 mm o que correspondeu a um valor médio de  $4,0 \pm 1,2 \text{ mm d}^{-1}$ .

Teixeira et al. (2003) determinaram o consumo hídrico da goiabeira no Vale do rio São Francisco durante os ciclos de produção e colheita, pelo método da razão de Bowen. Os autores encontraram o valor de 906 mm para a evapotranspiração acumulada da goiabeira entre a poda e a colheita, correspondendo a um valor médio de  $4,53 \pm 0,68 \text{ mm d}^{-1}$ .

A evapotranspiração da cultura pode ser medida diretamente através de lisímetros ou evapotranspirômetros e estimada pelos métodos do balanço hídrico do solo, balanço de energia sobre a cultura ou modelos micrometeorológicos. São diversos os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, sendo a escolha do método baseado principalmente no tipo de dado disponível em estações meteorológicas e na precisão requerida para determinação das necessidades hídricas das culturas (SEDIYAMA, 1987). A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) consideram padrão o método de Penman-Monteith para o cálculo da evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998).

### 3.11. Eficiência de uso de água

A quantidade de água de rega em um cultivo deve ser aquela que maximiza os objetivos do produtor por unidade de área cultivada ou unidade de água aplicada (ENGLISH e RAJA, 1996), e o conceito de Eficiência do Uso da Água (EUA) pode ser utilizado para indicar como a

UFCC - BIBLIOTECA

água é utilizada na agricultura. A EUA pode ser definida como a razão entre o rendimento da cultura e sua evapotranspiração (HATFIELD et al., 2001; ANYIA e HERZOG, 2004).

A eficiência de uso da água é a relação entre a produção e o volume de água utilizado pela cultura durante todo o seu ciclo, fornecendo um modo simples de se avaliar se a produção está sendo limitada pelo suprimento de água ou por outros fatores (ANGUS e van HERWAARDEN, 2001).

A eficiência do uso da água (EUA) e a resistência à seca são tratadas, frequentemente, como sinônimos, embora não estejam, em geral, relacionadas; para DOORENBOS e KASSAM (1994), a EUA se refere a uma variável de rendimento total da colheita por unidade de água utilizada ( $\text{kg m}^{-3}$ ) e o maior objetivo das pesquisas nesta área reside em se conseguir altos valores de eficiência, mantendo-se também altas produtividades, mas a ênfase dada em razão da resistência à seca é frequentemente relacionada à sobrevivência da planta durante períodos de déficit hídrico, resultante do baixo fornecimento de água e alta radiação, temperatura e demanda evaporativa da atmosfera (HERNANDEZ, 1991). De acordo com este autor, tanto a produtividade biológica como a de frutos e a quantidade de água evapotranspirada, são dependentes do balanço de energia e a eficiência de uso de água, por sua vez, é dependente da distribuição de energia dentro da cultura.

### 3.12. Qualidade da água

As águas se dividem em quatro classes de salinidade, sempre que aumenta a concentração de sais e, em consequência, sua condutividade elétrica, recebendo denominações sucessivas de C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>, com limites apresentados por Richards (1977), pela Universidade da Califórnia (University of California Committee of Consultants - UCCC) e por Ayers e Westcot (1999), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade

Classe de salinidade	Richards (1977)	UCCC <sup>1</sup>	Risco de salinidade	Ayers e Westcot (1999)	
	Faixas de CE <sub>ai</sub> ( $\text{dS m}^{-1}$ )			Faixas de CE <sub>ai</sub> ( $\text{dS m}^{-1}$ )	Risco de salinidade
C1	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,70	Nenhum
C2	0,25 – 0,75	0,75 – 1,50	Médio	0,70 – 3,00	Moderado
C3	0,75 – 2,25	1,50 – 3,00	Alto	> 3,00	Severo
C4	> 2,25	> 3,00	Muito alto	-	-

Fonte: Ayers e Westcot (1999); <sup>1</sup>UCCC – University of California Committee of Consultants

### 3.13. Estresse hídrico nas plantas

Em condições naturais ou agricultáveis, as plantas estão expostas, com certa frequência, a estresses. De forma geral, o estresse pode ser definido como fator externo, que exerce influência desvantajosa sobre a planta. O conceito de estresse está relacionado ao de tolerância ao estresse, que é a aptidão da planta para enfrentar um ambiente desfavorável. Um ambiente estressante para uma planta pode não sê-lo para outra, ou seja, a tolerância varia de espécie para espécie (KERBAUY, 2004).

Para Taiz e Zeiger (2004), o primeiro e mais visível efeito do déficit hídrico é a diminuição da turgescência e, por conseguinte, do alongamento celular e crescimento da planta. Para os autores, os mecanismos de resistência das plantas à seca podem ser de três tipos: 'adiamento (fuga) da dessecação' ou a habilidade para manter a hidratação dos tecidos; 'tolerância à dessecação' ou a capacidade para manter as atividades vitais enquanto desidratada; e 'escape' (fuga à seca), atributo de algumas plantas que as habilita a executarem o seu ciclo, da germinação à produção de novas sementes, dentro de um período de algumas semanas, depois de uma forte chuva.

A perda de turgor é o primeiro efeito biofísico do estresse hídrico, razão pela qual as atividades dependentes do turgor são as mais sensíveis a este fator de estresse. A expansão ou alongamento celular é um processo dependente do turgor; portanto, é extremamente sensível ao déficit hídrico. A redução da expansão foliar também pode ser considerada uma primeira resposta da planta contra a seca. O estresse hídrico não só limita o tamanho de folhas individuais, mas também o número de folhas visto que diminui o número e a taxa de crescimento dos ramos. Sob tais circunstâncias, o fechamento dos estômatos reduz a perda de água por transpiração; portanto, o fechamento estomático pode ser considerado uma segunda linha de defesa contra a seca (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A abscisão foliar durante condições de déficit hídrico é resultado, em grande parte, do aumento na síntese do hormônio etileno pela planta. Este ajuste de área foliar é uma resposta significativa, pois melhora a aptidão da planta em sobreviver sob estresse hídrico (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Déficit hídrico moderado também afeta o desenvolvimento do sistema radicular. A relação raiz/parte-aérea (R/PA) parece ser governada por um equilíbrio funcional entre a absorção de água pelas raízes e a intensidade da taxa fotossintética da copa. Embora a R/PA dependa de processos complexos e da nutrição, o conceito de equilíbrio funcional pode ser assim simplificado: a parte aérea crescerá até que sua demanda hídrica seja superior à

capacidade de absorção de água do sistema radicular, limitando o crescimento adicional da copa; reciprocamente, o sistema radicular crescerá até que sua necessidade em fotoassimilados se iguale à quantidade que é produzida na parte aérea. Este equilíbrio funcional será alterado se houver decréscimo no suprimento de água. Quando a absorção de água é reduzida, a expansão foliar é imediatamente afetada; todavia, a atividade fotossintética não é logo tão inibida. A inibição da expansão foliar reduz o consumo de carbono e de energia da parte aérea, além de maior quantidade de fotoassimilados ser alocada para o crescimento adicional do sistema radicular (TAIZ e ZEIGER, 2004).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

##### 4.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido em uma área cultivada com pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), espaçamento 3,0 x 2,0 m, localizada na Fazenda Barra, no município de Santa Luzia, PB, cujas coordenadas geográficas são 06° 52' 27" de latitude Sul, 36° 56' 00" de longitude Oeste e altitude de 290 m, a aproximadamente 280 km da capital João Pessoa, PB; apresenta relevo que varia de plano a montanhoso, destacando-se as serras, que fazem parte da porção ocidental do planalto da Borborema. Este experimento foi realizado entre julho de 2008 a agosto de 2009.

A vegetação é típica do bioma Caatinga; são plantas do tipo xerófitas com porte predominantemente arbustivo e arbóreo; o clima é semiárido (BSh) quente e seco, a temperatura média anual é de 26 °C, com médias das mínimas inferiores a 20 °C e máximas superiores a 32 °C. A umidade relativa do ar não ultrapassa 75%. As chuvas ocorrem principalmente entre janeiro e maio com média anual em torno de 500 mm. Os dados de precipitação média mensal e evapotranspiração do município de Santa Luzia, se encontram na Tabela 2.

Tabela 2. Precipitação e evapotranspiração média mensal do município de Santa Luzia, PB  
DADOS MENSAIS (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação	44,5	102,7	157,1	130,6	43,0	15,4	8,4	1,7	1,0	3,0	8,9	19,9
Evapotranspiração	176,7	154,0	136,4	123,0	114,7	117,0	120,9	142,6	162,0	186,0	183,0	192,2

Fonte: HARGREAVES, 1974

Os solos com maior destaque no município são as Associações de Luvisolos Crômicos (antigos Bruno não Cálcico Vértico), relevo suave ondulado e os Neossolos Litólocos (antigos Solos Litólicos Eutróficos) com relevo suave ondulado. Ambos os solos são de baixa permeabilidade e muito suscetíveis a erosão.

#### 4.2. Tratamentos e delineamento experimental

Foram estudados dois fatores:

1) Lâmina bruta de irrigação ( $L_b$ ), determinada com base na evaporação diária do tanque classe A ( $E_t$ ) e no coeficiente do tanque ( $k_t$ ) (Eq. 1), em cinco níveis:

$$\begin{aligned} L_1 &= 0,25ETo; & L_4 &= 1,00ETo \\ L_2 &= 0,50ETo; & L_5 &= 1,25ETo; \\ L_3 &= 0,75ETo; \end{aligned}$$

2) Adubação, três tipos de adubação:

$A_K$  = sem adubação (Fertilidade natural do solo)

$A_2$  = adubação orgânica (esterco bovino, 10 L por planta)

$A_3$  = adubação mineral (NPK, 180 g por planta, proporção 6-24-12)

Os tratamentos lâmina bruta de água ( $L_b$ ) e adubação ( $A$ ) foram combinados, resultando em 15 tratamentos ( $5 \times 3$ ), com quatro repetições, distribuídos sistematicamente; no entanto, para fins de análise se utilizaram parcelas subdivididas (Figura 1).

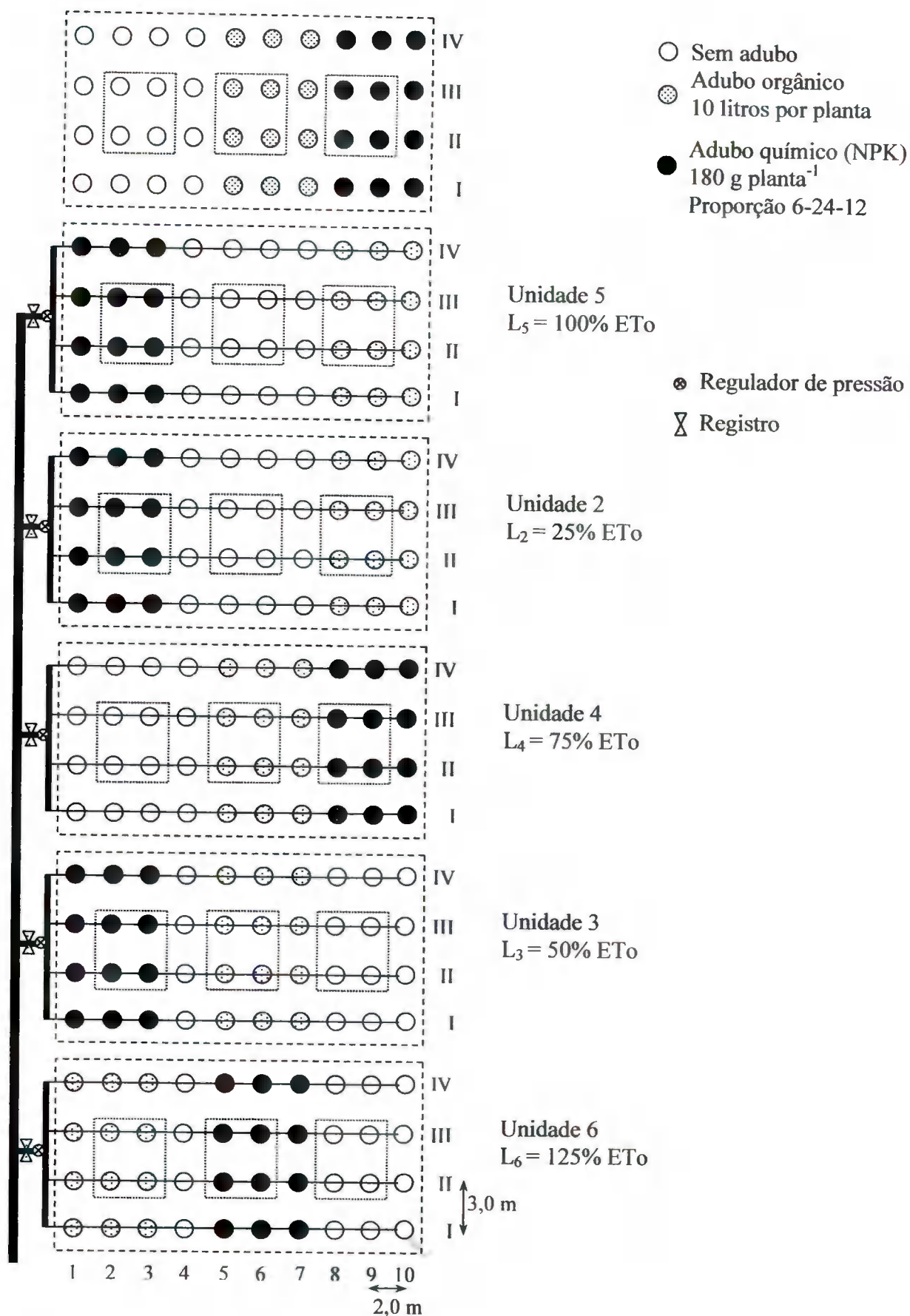


Figura 1. Croqui da área experimental, Fazenda Barra, Santa Luzia, PB, 2009

### 4.3. Sistema e manejo de irrigação

Antes da instalação do experimento coletou-se água, que foi posteriormente analisada no Laboratório de Irrigação e Salinidade - LIS, seguindo-se a metodologia proposta por Richards (1977), Tabela 3. A água foi coletada diretamente de um poço e o sistema utilizado foi o de irrigação por gotejamento, com emissores com vazão nominal de 1,10 L h<sup>-1</sup>, funcionando a pressão de 10 kPa, proporcionando uma faixa molhada de 1,5 m, no espaçamento 0,5 x 3,0 m.

**Tabela 3.** Características físico-químicas da água utilizada nas irrigações, Fazenda Barra, município de Santa Luzia, PB

Características Químicas	Unidade	Valor
pH	-	7,30
Condutividade Elétrica	( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )'	2.607
Cálcio	( $\text{meq L}^{-1}$ )	401
Magnésio	( $\text{meq L}^{-1}$ )	7,29
Sódio	( $\text{meq L}^{-1}$ )	14,70
Potássio	( $\text{meq L}^{-1}$ )	0,19
Carbonato	( $\text{meq L}^{-1}$ )	1,26
Bicarbonatos	( $\text{meq L}^{-1}$ )	2,98
Cloretos	( $\text{meq L}^{-1}$ )	17,15
Sulfatos	( $\text{meq /L}$ )	4,21
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)	-	6,18
Classe de Água	-	C <sub>4</sub>

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG/DEAg/CTRN

A lâmina bruta de irrigação ( $L_b$ ) foi aplicada a cada dois dias e calculada eom base na evaporação diária do tanque classe A (Eq. 1):

$$L_b = \frac{E_t * k_t * k_s}{E_f} - P_e \quad (1)$$



em que:  $L_b$  é a lâmina bruta de irrigação, em mm;  $E_t$  é a evaporação diária do tanque classe A, em mm;  $k_t$  é o coeficiente de tanque;  $k_s$  é o coeficiente de área molhada pelo emissor;  $P_e$  é a precipitação efetiva, em mm e  $E_f$  é a eficiência de irrigação, em decimal.

Utilizando-se as Eqs. (2), (3) e (4) determinaram-se, respectivamente, o coeficiente de área molhada ( $k_s$ ), a eficiência de irrigação ( $E_f$ ) e a uniformidade de distribuição de água (UD).

$$k_s = \frac{A_m}{A} \quad (2)$$

$$E_f = UD * E_a \quad (3)$$

$$UD = \frac{q_{25\%}}{q_{med}} \quad (4)$$

em que:  $k_s$  é o coeficiente de área molhada pelo emissor, adimensional;  $A_m$  é a área molhada pelo emissor, em  $m^2$ ;  $A$  é a área da cultura, em  $m^2$ ;  $E_f$  é a eficiência de irrigação, em (%);  $E_a$  é a eficiência do sistema de irrigação (0,95);  $q_{25\%}$  é a média do quarto da amostra contendo os menores valores das vazões dos emissores na unidade experimental e  $q_{med}$  é a média de todas as vazões dos emissores da amostra.

O tempo de irrigação para se aplicar a lâmina bruta  $L_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4, e 5$ ) foi determinado segundo a Eq. 5.

$$T_i = \frac{L_i * A_m}{q} \quad (5)$$

em que:  $T_i$  é o tempo de irrigação, em h;  $L_i$  é a lâmina necessária, em mm;  $A_m$  é a área molhada pelo emissor,  $m^2$  e  $q$  é a vazão do emissor,  $L h^{-1}$ .

#### 4.4. Salinidade do solo

Foi realizada, na unidade experimental uma análise de salinidade no solo. As amostras de solo foram coletadas em três profundidades (0-20, 20-40 e 40-60 cm). E estão representadas na tabela 4.

**Tabela 4.** Características do solo quanto à salinidade antes do transplante, Fazenda Barra, município de Santa Luzia, PB

Características Químicas	Profundidade (cm)		
	0-20	20-40	40-60
pH (Estrato de Saturação)	6,90	7,20	7,44
Cond. Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) (Extrato de Saturação)	0,15	0,33	0,20
Cloreto ( $\text{meq L}^{-1}$ )	0,25	1,50	0,50
Carbonato ( $\text{meq L}^{-1}$ )	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato ( $\text{meq L}^{-1}$ )	1,40	1,70	1,60
Sulfato ( $\text{meq L}^{-1}$ )	Ausência	Ausência	Ausência
Cálcio ( $\text{meq L}^{-1}$ )	0,37	0,62	0,50
Magnésio ( $\text{meq L}^{-1}$ )	0,63	0,75	0,87
Potássio ( $\text{meq L}^{-1}$ )	0,14	0,23	0,37
Sódio ( $\text{meq L}^{-1}$ )	0,90	1,82	0,99
Porcentagem de Saturação	20,00	20,00	20,00
Relação de Adsorção de Sódio	1,27	2,19	1,19
PSI	0,61	1,95	0,49
Salinidade	Não Salino	Não Salino	Não salino
Classe de Solo	Normal	Normal	Normal

#### 4.5. Adubação

Uma análise de fertilidade do solo (Tabela 5) foi realizada antes do transplântio, objetivando-se verificar as necessidades nutricionais da cultura no início do ciclo. Estudaram-se parcelas nas quais as plantas foram adubadas quimicamente com NPK na proporção 6-24-12, e eram aplicados 180 g planta<sup>-1</sup>; parcelas onde a adubação foi orgânica com a aplicação de 10 L de esterco bovino por planta e parcelas em que não foi realizado nenhum tipo de adubação. As adubações eram realizadas semestralmente, a primeira na fundação, exceto para a parcela com fertilidade natural.

**Tabela 5.** Características da fertilidade do solo antes do transplântio. Fazenda Barra, município

Nutrientes	Unidade	Valor
Cálcio	(meq 100 g <sup>-1</sup> de solo)	2,41
Magnésio	( meq 100 g <sup>-1</sup> de solo )	1,33
Sódio	( meq 100 g <sup>-1</sup> de solo )	0,05
Potássio	( meq 100 g <sup>-1</sup> de solo )	0,32
Hidrogênio	( meq 100 g <sup>-1</sup> de solo )	1,05
Alumínio	( meq 100 g <sup>-1</sup> de solo )	0,00
Carbonato de Cálcio Qualitativo	%	Ausência
Carbono Orgânico	%	0,38
Matéria Orgânica	%	0,65
Nitrogênio	%	0,03
Fósforo Assimilável	mg 100 g <sup>-1</sup>	1,36
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	(1:2,5)	6,80
Cond. Elétrica	mmhos cm <sup>-1</sup>	
	(Suspensão Solo-Água)	0,16

de Santa Luzia, PB

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG/DEAg/CTRN

#### 4.6. Variáveis de Crescimento

##### 4.6.1. Altura de Planta (AP), Diâmetro Cauliar (DC)

Realizaram-se, 90 dias após o transplântio (DAT), as medidas da altura de planta (AP) e diâmetro caulinar (DC); posteriormente, medições dessas variáveis foram realizadas a cada 60 dias, aos 150, 210, 270, 330 e 390 DAT.

A variável AP foi determinada com fita métrica (cm) adotando-se, como critério de determinação, a distância entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal do ramo principal a determinação da variável DC das plantas de pinhão-manso ocorreu nos mesmos períodos que a variável altura das plantas, as leituras (mm) foram realizadas no colo da planta a uma altura aproximada de 3 cm, utilizando-se um paquímetro.

#### 4.6.2. Número de folhas (NF)

O número de folhas por planta foi definido a partir dos 90 DAT, assim como a altura de plantas e o diâmetro caulinar, repetidas a cada 60 dias até aos 390 DAT, considerando-se na contagem, as folhas com tamanho acima de 3 cm, aproximadamente.

#### 4.6.3. Taxas de crescimento absoluto (TCA)

As taxas de crescimento foram computadas a partir dos dados de altura de planta (AP) e diâmetro caulinar (DC), obtendo-se as taxas de crescimento absoluto em altura e diâmetro ( $TCA_{AP}$ ,  $TCA_{DC}$ ), a cada duas medidas sucessivas, conforme as Eqs. 7 e 8, abaixo (BENINCASA, 2003):

$$TCA_{AP} = \frac{AP_2 - AP_1}{t_2 - t_1} \quad (7)$$

$$TCA_{DC} = \frac{DC_2 - DC_1}{t_2 - t_1} \quad (8)$$

em que:  $TCA_{AP}$  é a taxa de crescimento absoluto em altura de planta, em cm dia<sup>-1</sup>;  $AP_1$  é a altura da planta no tempo  $t_1$ , em cm;  $AP_2$  é a altura da planta no tempo  $t_2$ , em cm;  $TCA_{DC}$  é a taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar, em mm dia<sup>-1</sup>;  $DC_1$  é o diâmetro do caule no tempo  $t_1$ , em mm e  $DC_2$  é o diâmetro do caule no tempo  $t_2$ , em mm.

### 4.7. Variáveis de Produção

#### 4.7.1. Peso dos frutos, da casca e das sementes

A colheita dos frutos foi feita diariamente devido à heterogeneidade da maturação apresentada pela espécie, quando os frutos estavam totalmente maduros (Figura 2).

Os frutos de cada planta, por tratamento, foram coletados e contados e separada a casca das sementes; posteriormente, colocados para secar ao sol (Figura 3); após o processo de secagem foram realizadas pesagens com balança de precisão (0,0 g), separando-se casca e

semente se obtendo o peso dos frutos, finalizado o experimento obteve-se o peso dos frutos, das sementes e da casca.



**Figura 2.** Frutos de pinhão-mansinho adequados para colheita



**Figura 3.** Frutos secos e sementes do pinhão-mansinho

#### **4.8. Análise foliar no final do experimento**

Coletaram-se, para as amostras de folhas, limbos foliares expandidos localizados entre a sexta e a oitava folha abaixo da inflorescência das plantas que foram irrigadas com 25% e 125% da ETo para análise, no Laboratório de Tecido de Planta da UFPB/CCA, Areia, PB, de macro e micronutrientes nas folhas. A amostragem privilegiou folhas normais, saudáveis, sem deficiência nutricional aparente ou ataque de pragas ou doenças.

#### **4.9. Análises estatísticas**

Todos os dados foram tabulados em planilha eletrônica e submetidos às análises de variância e de regressão polinomial utilizando-se o software estatístico SISVAR. Os graus de

liberdade dos tratamentos  $L_b$  foram decompostos em componentes de regressão polinomial por se tratar de fator quantitativo (GOMES, 1982; SANTOS et al., 1998; FERREIRA, 2000).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Balauço Hídrico da Cultura

Na Figura 4 estão expostas as lâminas de irrigação aplicadas ao longo do ano de cultivo e as respectivas precipitações; ela mostra que abril foi o mês que mais choveu mais, com um total de 248,6 mm, e que nos meses de agosto de 2008 e agosto de 2009 não ocorreram precipitações, mas no período estudado a precipitação total foi de 753,8 mm.

Ainda pode ser observado na mesma figura que o mês de dezembro de 2008 teve a evapotranspiração de referência máxima, com aproximadamente 236,0 mm; o total durante toda a pesquisa foi de 2111,0 mm. As lâminas de irrigação com 125, 100, 75, 50 e 25% da ETo, corresponderam, respectivamente a: 1.876,27; 1.501,01; 1.125,76; 750,50 e 375,25 mm. Vê-se ainda na Figura 4 que nos meses de abril e maio de 2008 a precipitação foi maior que a evapotranspiração de referência (ETo); devido a que nesses meses não foram realizadas as irrigações.

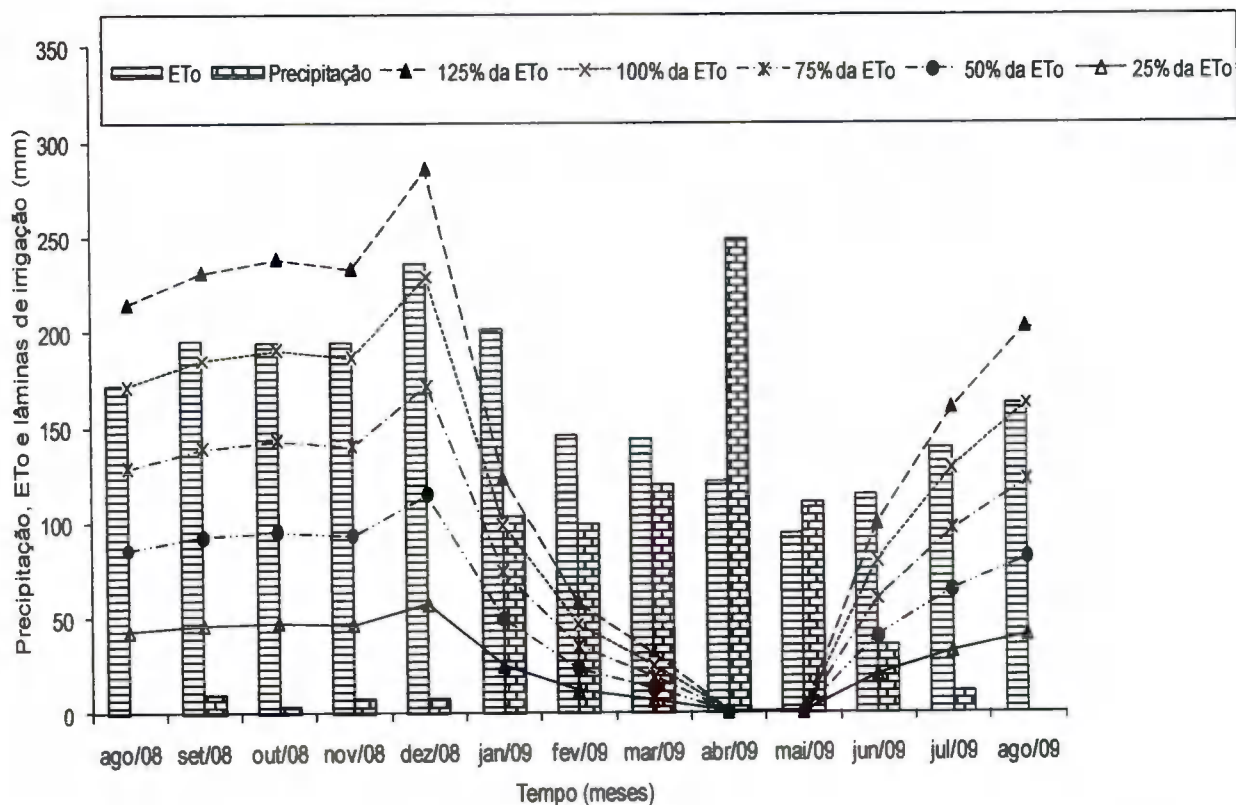


Figura 4. Representação gráfica de precipitação e evapotranspiração de referência no período estudado

## 5.2. Variáveis de crescimento

### 5.2.1 Altura da planta (AP)

Verifica-se, na Tabela 6, que só ocorreu efeito significativo das lâminas de irrigação na altura de plantas (AP), em todos os períodos estudados, exceto aos 150 dias após o transplante, pelo teste F ( $p < 0,05$ ), em que a regressão quadrática foi significativa ( $p < 0,05$ ). Analisando o modelo de regressão contido na Figura 5 e se extraindo sua primeira derivada, obteve-se a altura máxima de plantas de 81,51 cm com a reposição de 88,04% da ETo.

Analisando os dados expostos na Tabela 6 em todas as épocas de avaliação notou-se quando a cultura foi submetida à ausência da adubação a menor altura das plantas; nos tratamentos com adubação mineral e orgânica não houve diferenças estatísticas em nenhum período de estudo; aos 90 DAT, em relação às plantas que não receberam adubação, os incrementos em altura de plantas foram: 43,49 e 49,94%, quando a cultura foi submetida a adubação orgânica e mineral, respectivamente; ao final do período de estudo esses incrementos foram reduzidos, sendo os valores da ordem de 9,59 e 19,11%, para a adubação orgânica e mineral, respectivamente, em relação às plantas que não foram adubadas.

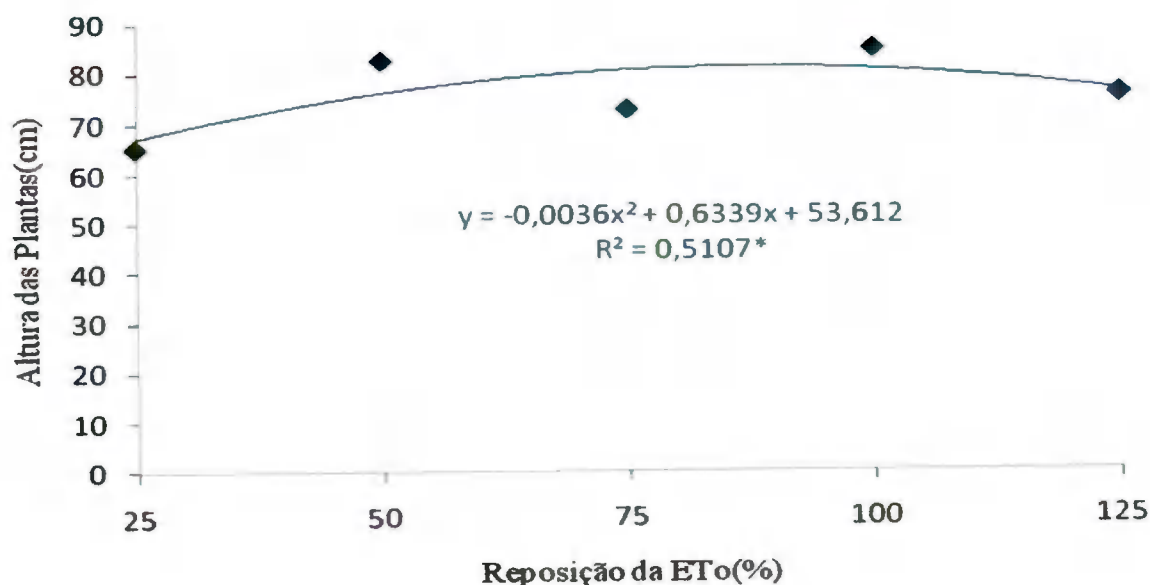
Em todas as seis épocas de determinação, entretanto, a altura das plantas foi influenciada estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo tipo de adubo aplicado; não ocorreu interação significativa entre as fontes estudadas, exceto aos 330 e 390 DAT; pela comparação de médias da Tabela 6, observa-se que as menores alturas foram encontradas nas plantas que cresceram no solo sem adubo; as maiores alturas de plantas foram encontradas quando se adubou com fertilizantes minerais, porém esses valores não diferiram estatisticamente da adubação orgânica feita com esterco bovino nas quatro primeiras avaliações; já nas duas últimas avaliações aos 330 e 390 DAT, não ocorreu diferença estatística entre a adubação mineral quanto à adubação orgânica e sem adubo. Julgava-se, de início, que este aumento era devido aos micro-organismos existentes no esterco; mais tarde, no entanto, ficou demonstrado que, mesmo se adicionando ao solo esterco esterilizado sem micro-organismos vivos, obtinha-se aumento considerável da população microbiana (ERNANI e GIANELLO, 1983; DEMÉTRIO, 1988; ARAÚJO et al., 1999)

**Tabela 6.** Resumo das análises de regressão da altura de plantas (cm) do pinhão-mansão irrigado com água salina e adubado aos 90, 150, 210, 270, 330 e 390 DAT

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		90 DAT	150 DAT	210 OAT	270 DAT	330 OAT	390 OAT
Blocos	3	81,39 <sup>ns</sup>	209,93 <sup>ns</sup>	93,17 <sup>ns</sup>	155,12 <sup>ns</sup>	278,57 <sup>ns</sup>	363,79 <sup>ns</sup>
Lâminas (L)	(4)	674,97 <sup>ns</sup>	754,60*	617,10 <sup>ns</sup>	848,55 <sup>ns</sup>	1717,30 <sup>ns</sup>	1530,64 <sup>ns</sup>
Regressão Linear	1	-	700,83 <sup>ns</sup>	-	-	-	-
Regressão Quadrática	1	-	841,52*	-	-	-	-
Desvio	2	-	1476,07*	-	-	-	-
<b>Resíduo (a)</b>	<b>12</b>	<b>239,68</b>	<b>178,14</b>	<b>273,27</b>	<b>315,94</b>	<b>453,34</b>	<b>394,36</b>
<b>Adubação (A)</b>	<b>2</b>	<b>3408,06**</b>	<b>2706,81**</b>	<b>3295,61**</b>	<b>3270,95**</b>	<b>3005,45**</b>	<b>2691,21**</b>
<b>L x A</b>	<b>8</b>	<b>199,52<sup>ns</sup></b>	<b>288,73<sup>ns</sup></b>	<b>434,34<sup>ns</sup></b>	<b>443,78<sup>ns</sup></b>	<b>844,09<sup>ns</sup></b>	<b>1117,59*</b>
<b>Resíduo (b)</b>	<b>30</b>	<b>148,41</b>	<b>144,28</b>	<b>230,15</b>	<b>293,41</b>	<b>429,45</b>	<b>456,45</b>
<b>C.V. (a) %</b>	-	<b>24,57</b>	<b>17,44</b>	<b>16,47</b>	<b>15,11</b>	<b>16,82</b>	<b>14,93</b>
<b>C.V. (b) %</b>	-	<b>19,33</b>	<b>15,69</b>	<b>15,12</b>	<b>14,56</b>	<b>16,37</b>	<b>16,06</b>
<b>Médias Para as Lâminas de Água de Irrigação</b>							
<b>25% da ETc</b>		57,25	65,33	92,66	110,58	117,83	125,00
<b>50% da ETc</b>		66,50	82,75	102,00	119,75	127,58	135,16
<b>75% da ETc</b>		55,41	73,16	103,58	123,66	138,50	144,41
<b>100% da Etc</b>		74,00	85,25	109,83	126,91	137,66	142,41
<b>125% da ETc</b>		61,91	76,16	93,75	107,33	111,41	118,08
<b>Médias Para Adubação</b>							
<b>Sem Adubação</b>		48,05 b	63,30 b	86,05 b	103,55 b	113,60 b	121,40 b
<b>Adubação Orgânica</b>		68,95 a	85,15 a	110,85 a	128,50 a	137,95 a	133,05 ab
<b>Adubação Miural</b>		72,05 a	81,15 a	104,20 a	120,90 a	128,25 ab	144,60 a

(\*\*, \*, <sup>ns</sup>) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade





**Figura 5.** Análise de regressão para altura das plantas aos 150 DAT, em função da reposição da ETo

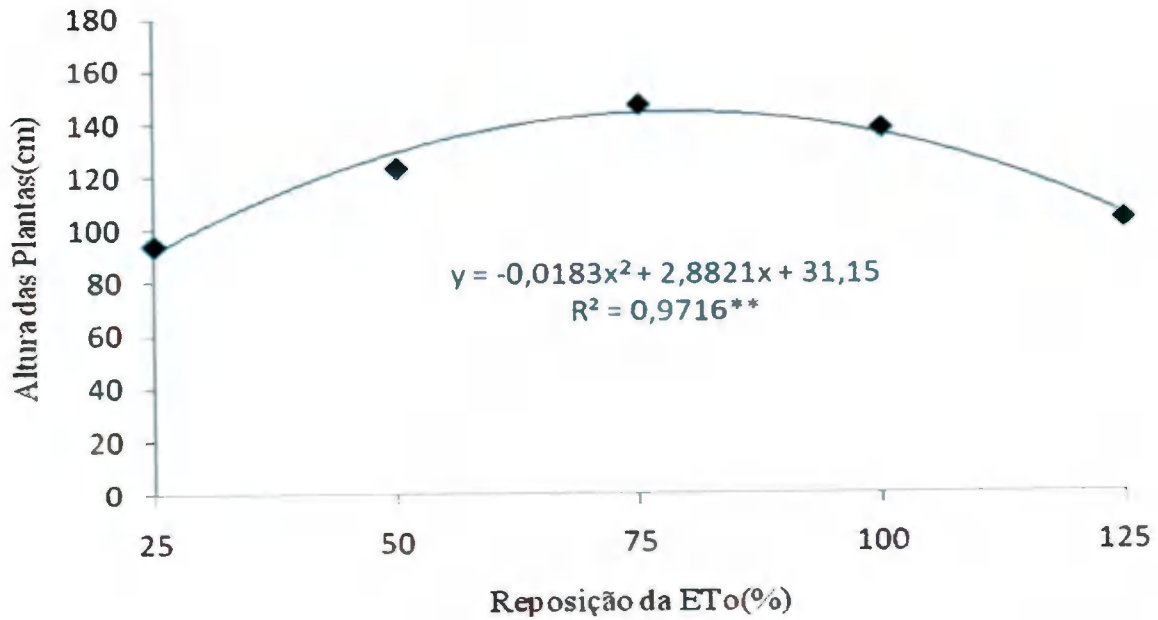
Na Tabela 7 se encontra o desdobramento dos fatores em estudo, analisando-se o resumo da análise de variância, quando se verifica que na ausência da adubação e na adubação mineral a regressão quadrática foi altamente significativa ( $p < 0,01$ ) e a adubação orgânica não se enquadrou em nenhum modelo de regressão. O efeito significativo da adubação pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), só foi constatado com a reposição de 25% da ETo, em que o maior valor de altura das plantas (162,75 cm) foi observado no tratamento com adubação orgânica; nas plantas que não foram adubadas e na adubação mineral a altura de planta não diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), com valores de 94,25 e 118,00 cm, respectivamente.

**Tabela 7.** Médias do desdobramento para altura de plantas (cm) aos 150 DAT

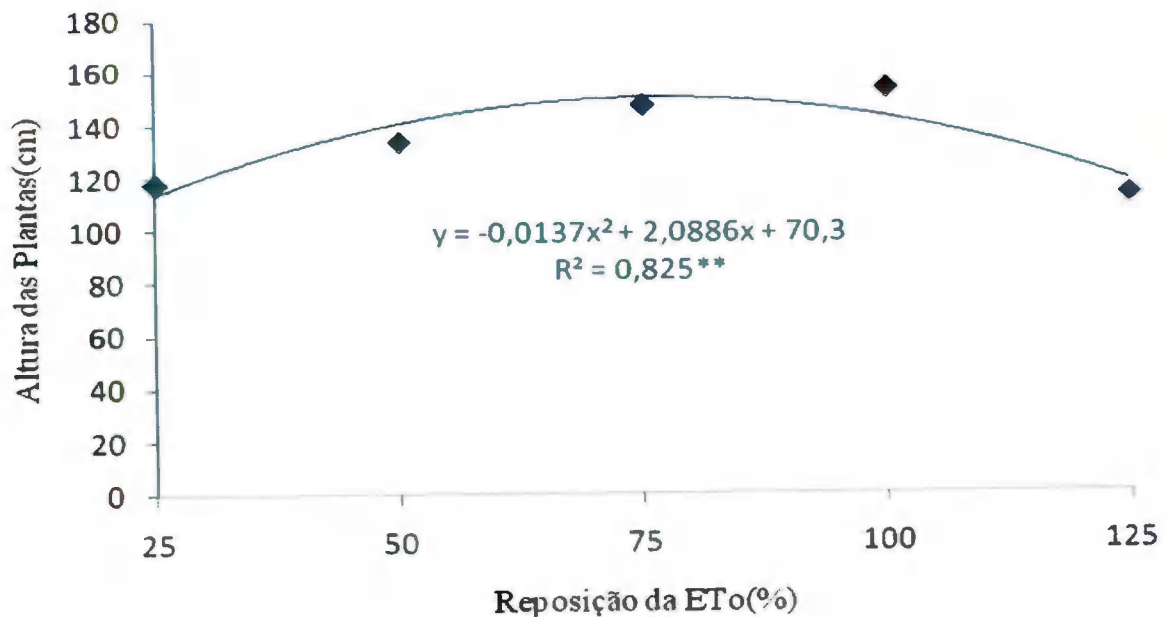
Desdobramento do fator lâmina de água de irrigação em cada tipo de adubação			
Lâminas	Sem adubação	Adubação orgânica	Adubação mineral
Reg. Linear	455,62ns	1612,90ns	40,00ns
Reg. Quadrática	7337,16**	434,57ns	4080,07**
Desvio	114,00ns	0,41ns	437,06ns
Desdobramento do fator adubação dentro de cada nível lâmina de água de irrigação			
Lâminas	Sem adubação	Adubação orgânica	Adubação mineral
25% da ETo	94,25 b	162,75 a	118,00 b
50% da ETo	123,50 a	148,50 a	133,50 a
75% da ETo	147,25 a	138,75 a	147,25 a
100% da ETo	138,25 a	135,50 a	153,50 a
125% da ETo	103,75 a	137,50 a	113,00 a

(\*\*, \*, ns) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Nas Figuras 6 e 7 está representado o desdobramento do fator tipo de adubação em cada nível de lâmina de água de irrigação. Quando não se aplicou adubo a altura de planta máxima de 144,62 cm foi obtida com a reposição de 78,74% da ETo (Figura 6); com a aplicação do adubo químico e na reposição de 76,22% da ETo atingiu-se uma altura de 149,90 cm (Figura 7).



**Figura 6.** Análise da altura das plantas sem adubação em função da reposição da ETo, aos 390 DAT



**Figura 7.** Análise da altura de plantas com adubação mineral em função da reposição da ETo, aos 390 DAT

### 5.2.2. Diâmetro de caule (DC)

As lâminas de água de irrigação promoveram efeitos significativos ( $p < 0,05$ ) aos 270 DAT, e nos 330 e 390 DAT este efeito foi altamente significativo ( $p < 0,01$ ), com o modelo de regressão quadrático estatisticamente significativo ( $p < 0,01$ ); aos 390 DAT, o modelo de regressão linear também foi significativo ( $p < 0,05$ ), sendo escolhida a regressão quadrática devido a um ajuste melhor dos dados. Houve efeito significativo da interação aos 210 e 390 DAT; o fator tipo de adubação foi significativo ( $p < 0,01$ ) em todos os períodos analisados (Tabela 8); pelas médias expostas na Tabela 8 e da mesma forma para a variável altura de plantas obteve-se, no tratamento sem adubação, o menor diâmetro de caule e a adubação orgânica e mineral não possuem diferenças estatísticas pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ), em todo o período da pesquisa; aos 330 e 390 DAT, as plantas submetidas a adubação mineral não diferiram pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ), em relação à cultura tratada na ausência da adubação.

A sensibilidade do pinhão-mansão a água salina, foi mais acentuada na altura de plantas quando relacionada com o diâmetro, contrariando a constatação de Silva (2009), de que a irrigação com água residuária afeta, de forma mais acentuada, o crescimento do caule quando comparado com a altura de planta.

Vale et al. (2006) constataram, na fase inicial de crescimento (30 dias após a emergência), que o diâmetro caulinar do pinhão-mansão foi afetado linearmente pela condutividade elétrica da água, com redução de 7,68% por unidade de CEA, efeito semelhante também observado na altura das plantas (7,85%).

Verificou-se, ainda, a importância da adubação desta cultura nos primeiros meses de sua existência, tanto para altura de plantas como para o crescimento do diâmetro caulinar.



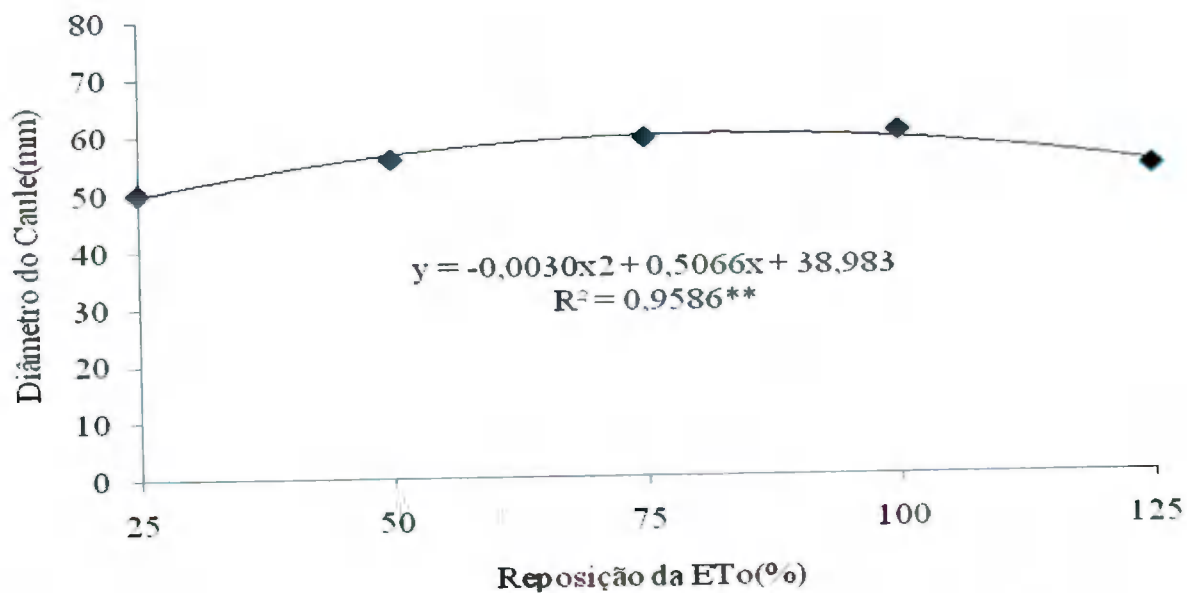
**Tabela 8.** Resumo das análises de regressão do diâmetro do caule (mm) do pinhão-mansão irrigado com água salina e adubado aos 90, 150, 210, 270, 330 e 390 DAT

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		90 DAT	150 DAT	210 DAT	270 DAT	330 DAT	390 DAT
Blocos	3	6,95 <sup>ns</sup>	23,52 <sup>ns</sup>	8,59 <sup>ns</sup>	19,13 <sup>ns</sup>	30,24 <sup>ns</sup>	98,77*
Lâminas (L)	(4)	26,60 <sup>ns</sup>	56,79 <sup>ns</sup>	206,29 <sup>ns</sup>	203,55*	393,40**	490,81**
Regressão Linear	1	-	-	-	163,33 <sup>ns</sup>	95,40 <sup>ns</sup>	110,20*
Regressão Quadrática	1	-	-	-	617,16**	1423,33**	1846,72**
Desvio	2	-	-	-	16,86 <sup>ns</sup>	27,42 <sup>ns</sup>	3,16 <sup>ns</sup>
Resíduo(a)	12	54,07	62,12	78,58	47,36	26,18	22,80
Adubação (A)	2	252,20**	250,11**	437,01**	528,65**	390,65**	396,01**
L x A	8	30,72 <sup>ns</sup>	43,05 <sup>ns</sup>	93,20*	84,98 <sup>ns</sup>	116,83 <sup>ns</sup>	173,14*
Resíduo (b)	30	23,61	33,42	33,56	41,80	66,60	68,85
C.V. (a)%	-	22,94	21,84	18,12	12,31	8,21	7,06
V. (b)%	-	15,16	16,02	11,84	11,57	13,10	12,27
<b>Médias para as Lâminas de Água de Irrigação</b>							
25% da ETo		30,16	33,75	42,91	50,16	55,41	59,08
50% da ETo		33,00	38,50	50,50	55,91	62,66	69,83
75% da ETo		31,08	34,50	52,16	59,33	68,75	74,75
100% da ETo		33,91	38,25	52,58	60,25	66,91	71,41
125% da ETo		32,08	35,41	46,41	53,83	57,75	63,08
<b>Médias para Adubação</b>							
Sem Adubação		27,95 b	32,00 b	43,55 b	50,05 b	57,45 b	62,85 b
Adubação Orgânica		34,05 a	38,15 a	52,10 a	59,70 a	66,10 a	71,65 a
Adubação Mineral		34,15 a	38,10 a	51,10 a	57,95 a	63,35 ab	68,40 ab

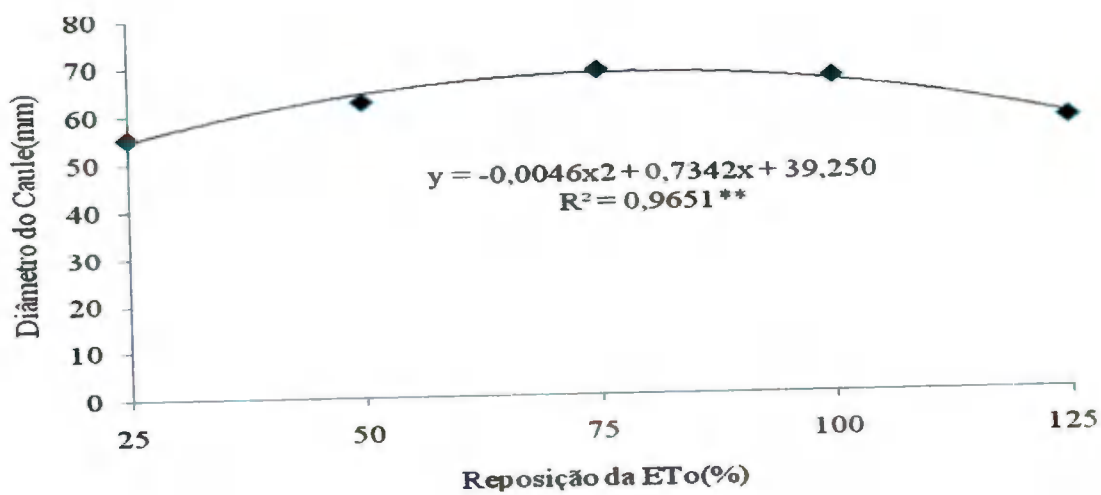
(\*\*, \*, <sup>ns</sup>) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Em relação à ausência da adubação aos 90 DAT, quando se compara com a adubação orgânica e mineral, respectivamente, os incrementos no diâmetro do caule foram de 21,82 e 22,18%; já aos 390 DAT os incrementos foram da ordem de 14,00 e 8,83%, respectivamente, em relação à adubação orgânica e mineral.

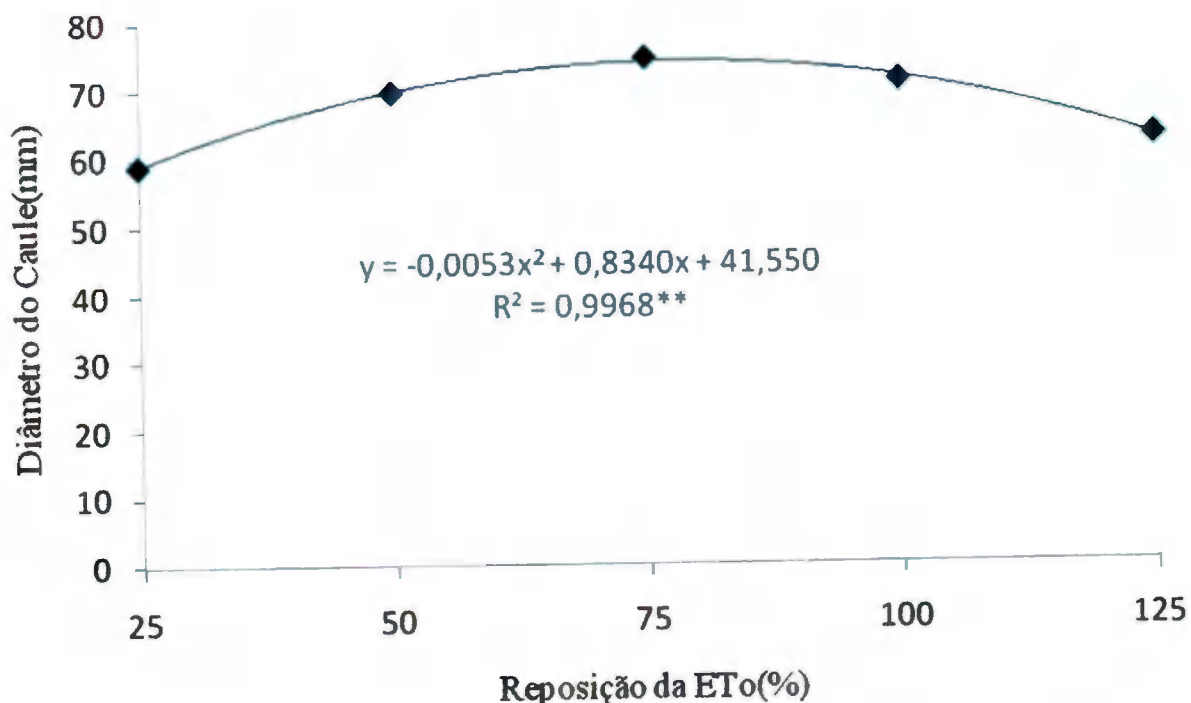
Pelo modelo de regressão apresentado na Figura 8, na qual é exposto o efeito significativo das lâminas de água de irrigação aos 270 DAT, houve um pico de diâmetro do caule da ordem de 60,36 mm, com a reposição de 84,43% da ETo; aos 330 DAT a análise de regressão está contida na Figura 9; com a aplicação da reposição de 79,80% da ETo, o diâmetro do caule máximo alcançado foi de 68,79 mm; na Figura 10 se encontra a análise de regressão para o diâmetro caulinar aos 390 DAT e nesta época de avaliação, a reposição de 78,67% promoveu um diâmetro de 74,35 mm, sendo este diâmetro o maior de todo o período avaliado.



**Figura 8.** Análise de regressão para diâmetro do caule aos 270 DAT, em função da reposição da ETo



**Figura 9.** Análise de regressão para diâmetro do caule aos 330 DAT, em função da reposição da ETo



**Figura 10.** Análise de regressão para diâmetro do caule aos 390 DAT, em função da reposição da ETo

Verifica-se, na Tabela 9, o resumo da análise de variância para o desdobramento da interação L x A, aos 210 DAT, no diâmetro caulinar. Analisando o efeito da reposição da ETo em cada tipo de adubação, constata-se que na ausência da adubação e com adubação mineral a regressão quadrática foi significativa ( $p < 0,01$ ), enquanto a adubação orgânica não se enquadrou em nenhum modelo de regressão.

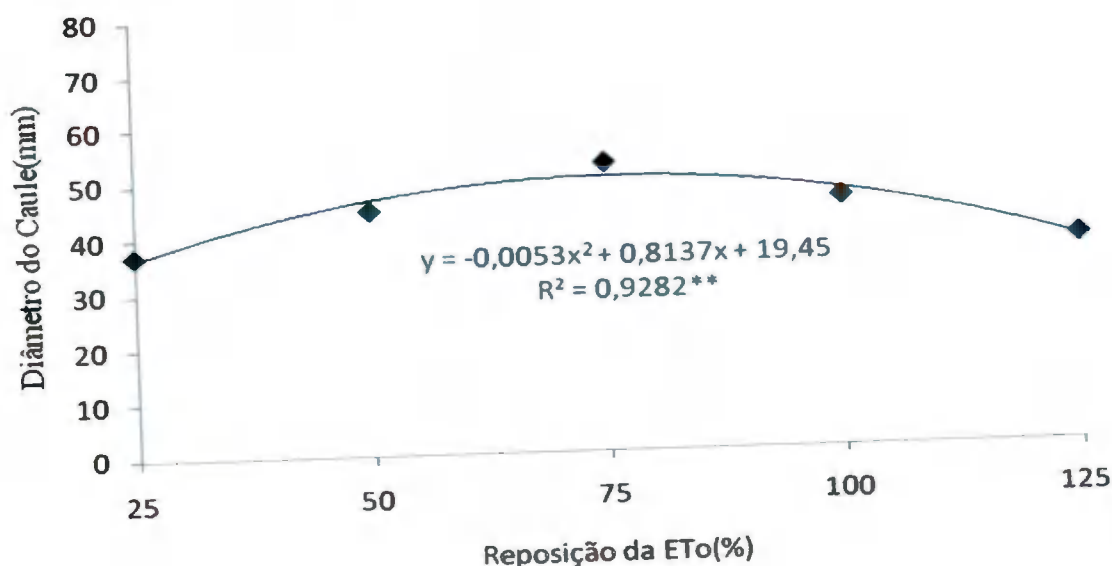
No desdobramento do tipo de adubação em cada nível de reposição da ETo, apenas na lâmina de 75% da ETo, não se deu diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Em todos os níveis de reposição da ETo a adubação orgânica não se diferenciou da adubação mineral, exceto na aplicação de 25% da ETo, sendo a maior média de 51,00 mm encontrada na adubação orgânica, enquanto na adubação mineral este valor foi de 40,75 mm. A condição sem adubação se diferenciou, sempre com médias menores, da adubação orgânica nos níveis de reposição da ETo de 25 e 125%, e da adubação mineral nos níveis de 50, 100 e 125%.

**Tabela 9.** Médias do desdobramento da interação LxA para diâmetro de caule (mm) aos 210 DAT

Desdobramento do fator lâmina de água de irrigação em cada tipo de adubação			
Lâminas	Sem adubação	Adubação orgânica	Adubação mineral
Reg. Linear	1,60ns	21,02ns	129,60ns
Reg. Quadrática	631,14**	0,44ns	412,57**
Desvio	24,47ns	7,91ns	154,81*
Desdobramento do fator adubação dentro de cada nível lâmina de água de irrigação			
Lâminas	Sem adubação	Adubação orgânica	Adubação mineral
25% da ETo	37,00 b	51,00 a	40,75 b
50% da ETo	44,75 b	50,00 ab	56,75 a
75% da ETo	52,75 a	53,50 a	50,25 a
100% da ETo	45,75 b	52,75 ab	59,25 a
125% da ETo	37,50 b	53,25 a	48,50 a

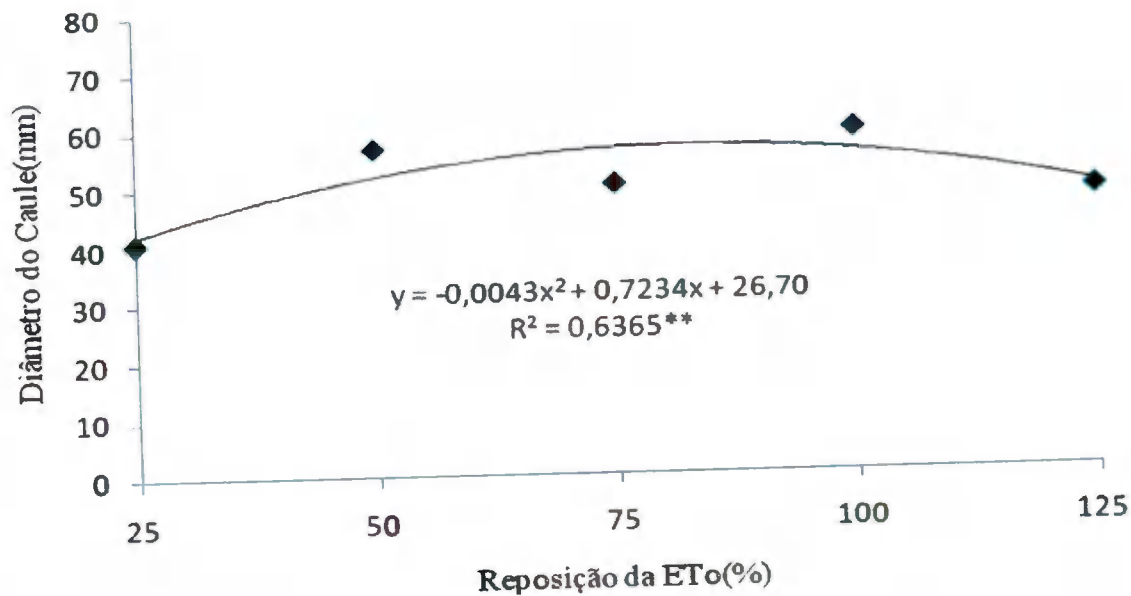
(\*\*, \*, ns) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O desdobramento dos modelos de regressão em cada tipo de adubação, aos 210 DAT, pode ser verificado nas Figuras 11 e 12; na Figura 11, em que se pode observar o efeito das lâminas de água de irrigação na ausência da adubação, nota-se que na reposição de 76,76% da ETo o diâmetro alcançou valor máximo de 50,68 mm. Na aplicação das diferentes lâminas de água de irrigação com a adubação mineral ocorreu um pico de diâmetro do caule de 57,12 mm, com a reposição de 84,11% da ETo (Figura 13).



**Figura 11.** Análise do diâmetro do caule sem adubação em função da reposição da ETo, aos 210 DAT

UFCC - BIBLIOTECA



**Figura 12.** Análise do diâmetro do caule com adubação mineral em função da reposição da ETo, aos 210 DAT

O resumo da análise de variância para o desdobramento da interação L x A aos 390 DAT no diâmetro caulinar, é apresentado na Tabela 10. Analisando o desdobramento do fator lâmina de água de irrigação em cada tipo de adubação, a regressão quadrática foi significativa ( $p < 0,01$ ) na ausência da adubação e na adubação mineral, enquanto a adubação orgânica não se enquadrou em nenhum modelo de regressão; já no desdobramento do fator adubação em cada nível de lâmina de água de irrigação, constata-se que na reposição de 50, 75 e 100% da ETo não houve diferença entre os tipos de adubação; nas lâminas de 25 e 125% da ETo na ausência da adubação verificaram-se os menores valores de diâmetro e a adubação orgânica não se diferenciou pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), da adubação mineral (Tabela 10), em nenhum nível de reposição da ETo.

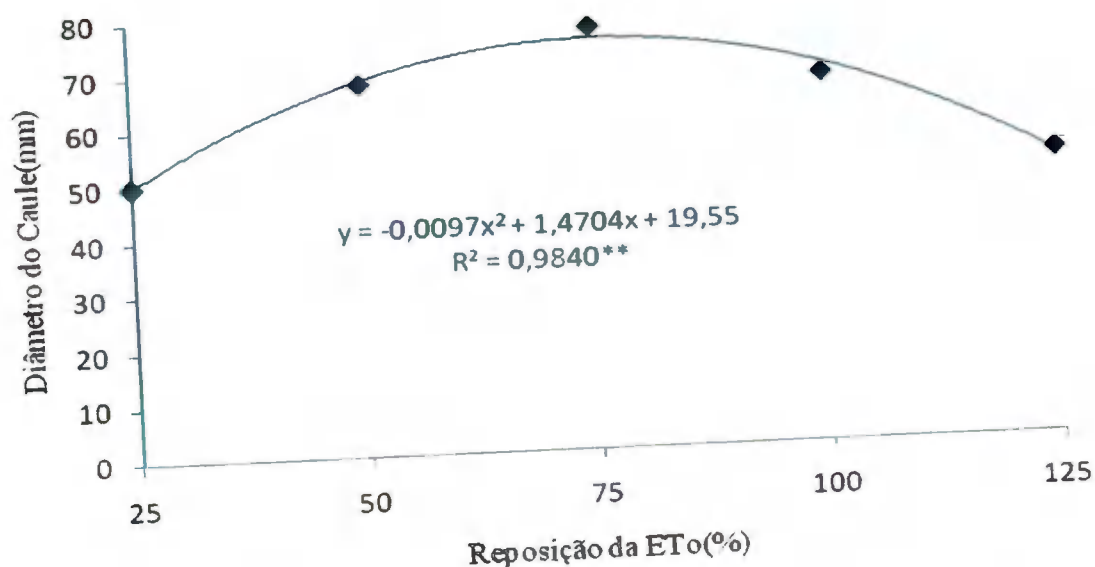


**Tabela 10.** Médias do desdobramento da interação L x A para diâmetro de caule (mm) aos 390 DAT

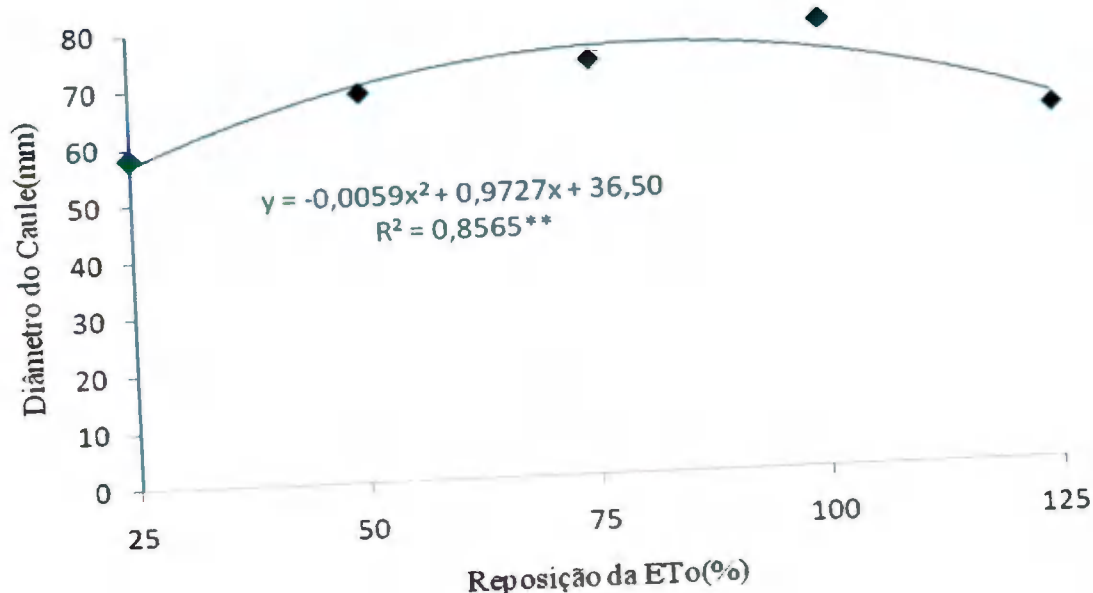
Desdobramento do fator lâmina de água de irrigação em cada tipo de adubação			
Lâminas	Sem adubação	Adubação orgânica	Adubação mineral
Reg. Linear	2,02ns	21,02ns	148,22ns
Reg. Quadrática	2076,44**	0,87ns	780,01**
Desvio	16,91ns	65,20ns	77,77ns
Desdobramento do fator adubação dentro de cada nível lâmina de água de irrigação			
Lâminas	Sem adubação	Adubação orgânica	Adubação mineral
25% da ETo	50,25 b	68,75 a	58,25 ab
50% da ETo	68,00 a	72,75 a	68,75 a
75% da ETo	77,00 a	74,00 a	73,25 a
100% da ETo	67,25 a	68,00 a	79,00 a
125% da ETo	51,75 b	74,75 a	62,75 ab

(\*\*, \*, ns) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

No tratamento sem adubação a aplicação de 75,79% da ETo promoveu um diâmetro de 75,27 mm (Figura 13); com a adubação mineral e com a reposição de 82,43% da ETo, obteve-se o valor máximo do diâmetro de 76,59 mm (Figura 14).



**Figura 13.** Análise do diâmetro do caule sem adubação em função da reposição da ETo, aos 390 DAT



**Figura 14.** Análise do diâmetro do caule com adubação mineral em função da reposição da ETo, aos 390 DAT

### 5.2.3. Número de folhas (NF)

Observa-se, na Tabela 11, o resumo das análises de regressão para a variável número de folhas durante todo o período de estudo; aos 90 DAT, a lâmina de água de irrigação foi estatisticamente significativa pelo teste F ( $p < 0,01$ ), mas não se enquadrou em nenhum dos dois modelos de regressão polinomial testado; este efeito voltou a ser significativo ( $p < 0,05$ ) aos 390 DAT quando a regressão quadrática foi significativa ( $p < 0,05$ ), como pode ser observado na Figura 19; o tipo de adubação foi significativo pelo teste F ( $p < 0,01$ ), em todas as épocas de avaliação, exceto aos 390 DAT; a interação entre os fatores só foi significativa ( $p < 0,01$ ), pelo teste F, aos 330 DAT (Tabela 11).

Teores elevados de sais no solo e na água podem levar as plantas às condições de estresse hídrico. Vale et al. (2006) observaram que o crescimento inicial do pinhão-mansão (30 dias após a emergência), sob condições controladas, ocasionou redução de 40% no número de folhas (de 10,0 para 6,0) correspondendo a cerca de 9,66% por unidade de CEa, sendo mais afetado que a altura (7,85%) e que o diâmetro caulinar (7,68%); esses autores concluíram que o pinhão-mansão é uma espécie sensível à salinidade da água de irrigação.

Silva (2004) em estudos com cultivares de inamoneira aos 60 DAS e Correia (2005) aos 105 DAS, com cultivares de amendoim, verificaram redução linear do número de folhas, com decréscimo na ordem de 8,0% por incremento unitário da salinidade da água de irrigação.

Nery (2008) constatou decréscimo no número de folhas do pinhão-manso ao 163 DAS de 9,75%, por incremento unitário da salinidade da água. Nesta pesquisa o menor número de folhas foi obtido na ausência do adubo, durante todas as avaliações. A adubação orgânica só se diferenciou da mineral aos 270 DAT, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), sendo que o valor médio na presença da matéria orgânica foi superior em 34,17% em relação à adubação mineral (Tabela 11); analisando, ainda, os dados da mesma Tabela, os incrementos proporcionados pela adubação orgânica e mineral, aos 90 DAT, em relação ao tratamento sem adubação foram, respectivamente, 117,27 e 163,23%; aos 330 DAT, esses incrementos foram da ordem de 118,74 e 80,05%, para a adubação orgânica e mineral, respectivamente, em comparação com o valor da ausência de adubação.

**Tabela 11.** Resumo das análises de regressão do número de folhas do pinhão-manso irrigado com água salina e adubado aos 90, 150, 210, 270, 330 e 390DAT

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios					
		90 DAT	150 DAT	210 DAT	270 DAT	330 DAT	390 DAT
<b>Blocos</b>	3	1,70ns	4,52ns	5,19ns	13,93ns	6,71ns	7,06ns
<b>Lâminas (L)</b>	(4)	21,03**	6,67ns	12,21ns	37,49ns	29,99ns	103,33*
Regressão Linear	1	14,33ns	-	-	-	-	82,77ns
Regressão Quadrática	1	0,99ns	-	-	-	-	122,50*
Desvio	2	34,40**	-	-	-	-	104,02*
<b>Resíduo (a)</b>	12	3,24	3,51	9,47	14,24	19,28	21,73
<b>Adubação (A)</b>	2	20,21**	36,76**	155,49**	278,77**	163,59**	33,45ns
<b>L x A</b>	8	4,63ns	4,75ns	9,09ns	22,78ns	42,24**	22,77ns
<b>Resíduo (b)</b>	30	2,71	2,35	5,27	10,96	9,52	11,71
<b>C.V. (a) %</b>	-	38,82	24,35	23,83	25,16	30,98	40,78
<b>C.V. (b) %</b>	-	35,49	19,94	17,78	22,08	21,77	29,94
<b>Médias para as Lâminas de Água de Irrigação</b>							
<b>25% da ETo</b>		3,90 (19,83)	7,54 (63,33)	12,37 (168,50)	15,10 (254,33)	12,93 (194,08)	9,46 (98,75)
<b>50% da ETo</b>		4,65 (22,75)	8,29 (72,08)	12,97 (174,75)	13,88 (216,16)	13,29 (185,25)	8,26 (86,08)
<b>75% da ETo</b>		3,28 (14,58)	7,39 (56,66)	13,68 (190,16)	16,17 (269,75)	15,59 (254,08)	14,27 (215,25)
<b>100% da ETo</b>		6,79 (50,25)	8,55 (77,75)	14,02 (215,16)	17,14 (317,41)	16,17 (288,66)	14,79 (238,91)
<b>125% da ETo</b>		4,56 (24,16)	6,69 (48,50)	11,52 (145,66)	12,70 (186,83)	12,89 (193,16)	10,35 (122,41)

Médias para Adubação						
Sem Adubação	3,48 b (13,60 b)	6,13 b (40,20 b)	9,76 b (99,75 b)	11,05 c (134,45 c)	11,10 b (134,15 b)	10,57 a (130,20 b)
Adubação Orgânica	5,15 a (29,55 a)	8,41 a (73,35 a)	15,06 a (205,90 a)	18,47 a (350,80 a)	16,75 a (293,45 a)	12,91 a (190,00 a)
Adubação Mineral	5,28 a (35,80 a)	8,54 a (77,45 a)	13,92 a (230,90 a)	15,48 b (261,45 b)	14,67 a (241,55 a)	10,79 a (136,65 ab)

(\*\*, \*, <sup>ns</sup>) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula ua coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ . Nos parênteses estão os dados reais

Realizando uma comparação das médias contidas na Tabela 11 para cada lâmina de água de irrigação, verifica-se, dos 90 aos 390 DAT, um aumento no número de folhas em 397,98%, com a reposição de 25% da ETo; da mesma forma, os aumentos proporcionados pelas reposições de 50, 75, 100 e 125% da ETo foram, respectivamente, 278,37, 1.376,33, 375,44 e 406,66%. Durante todo o ciclo, os valores referentes à lâmina de água de irrigação com 25% da ETo, superaram em 1,42 e 1,06 em relação aos valores das lâminas de água de irrigação com 50 e 100% da ETo, respectivamente; já quando se compara a reposição de 25% da ETo com 75 e 125% da ETo, nota-se que foram, respectivamente, 3,45 e 1,02 superiores.

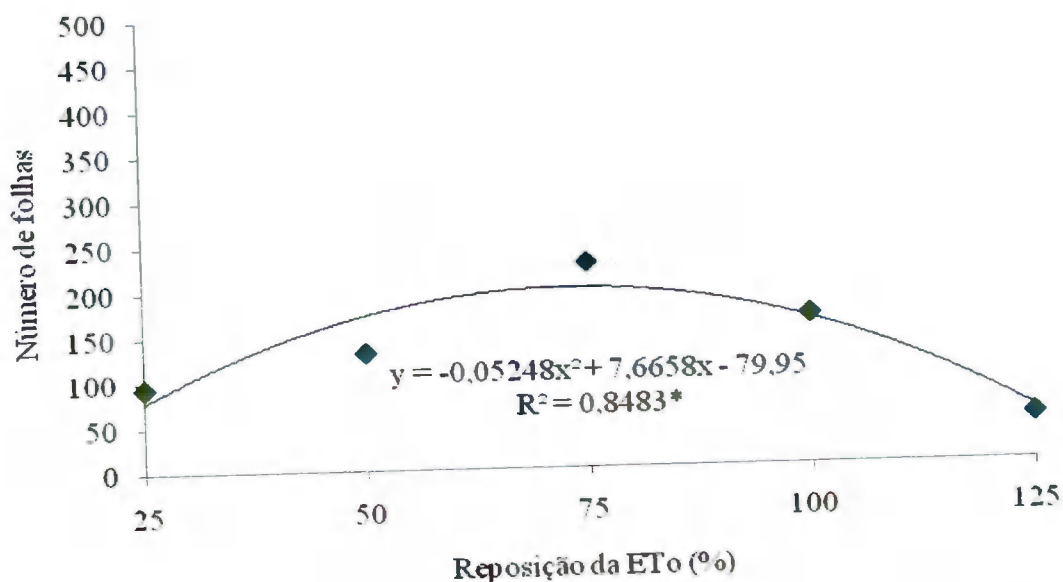
Aos 330 DAT, a interação L x A, do número de folhas é apresentada na Tabela 12; analisando o desdobramento do fator lâmina de água de irrigação em cada tipo de adubação, a regressão quadrática foi significativa ( $p < 0,01$ ) em todas as adubações e na ausência de adubação; já no desdobramento do fator adubação em cada nível de lâmina de água de irrigação constata-se que na reposição de 50% e 75% da ETo não houve diferença entre os tipos de adubação; nas lâminas de 25% e 125% da ETo na ausência da adubação verificaram-se os menores valores do número de folhas e a adubação orgânica não se diferenciou, exceto a 100% da ETo, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) (Tabela 12). Na adubação orgânica apenas a reposição de 25% da ETo se diferenciou estatisticamente das demais reposições.

**Tabela 12.** Médias do desdobramento da interação LxA para número de folhas, aos 330 DAT

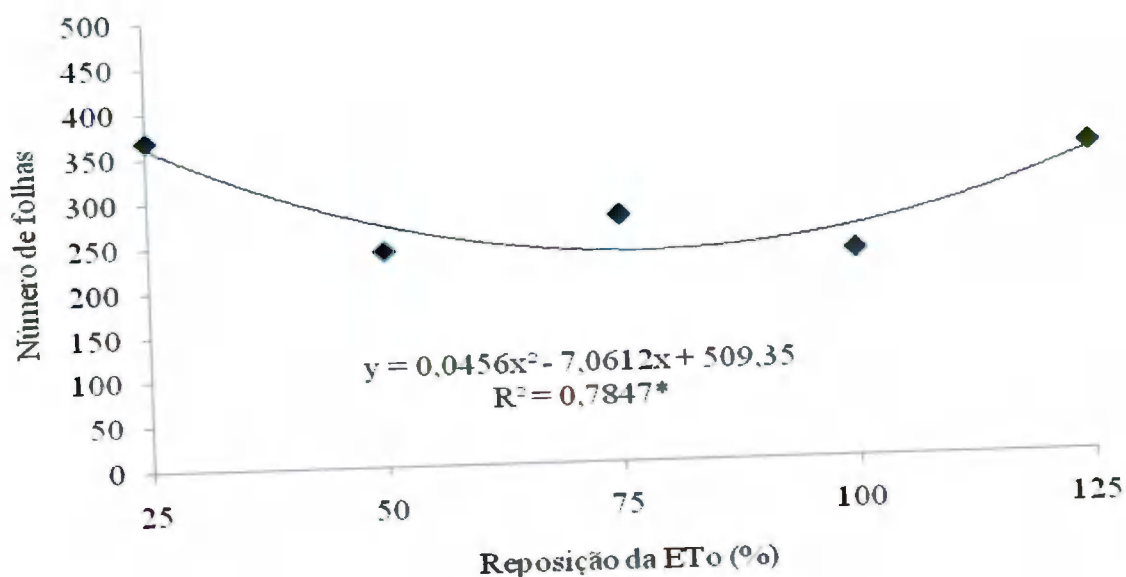
Desdobramento do fator lâmina de água de irrigação em cada tipo de adubação			
Lâminas	Sem adubação	Adubação orgânica	Adubação mineral
Reg. Liuear	1071,22ns	1177,22ns	67486,22*
Reg. Quadrática	60260,16*	45543,01*	90482,16**
Desvio	5481,95ns	6408,97ns	67208,90**
Desbobraamento do fator adubação dentro de cada nível lâmina de água de irrigação			
Lâminas	Sem adubação	Adubação orgânica	Adubação mineral
25% da ETo	94,75 b	368,50 a	119,00 b
50% da ETo	131,25 a	242,50 a	182,00 a
75% da ETo	227,25 a	277,00 a	258,00 a
100% da ETo	166,00 b	233,25 b	466,75 a
125% da ETo	51,50 b	346,00 a	182,00 ab

(\*\*, \*, <sup>ns</sup>) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

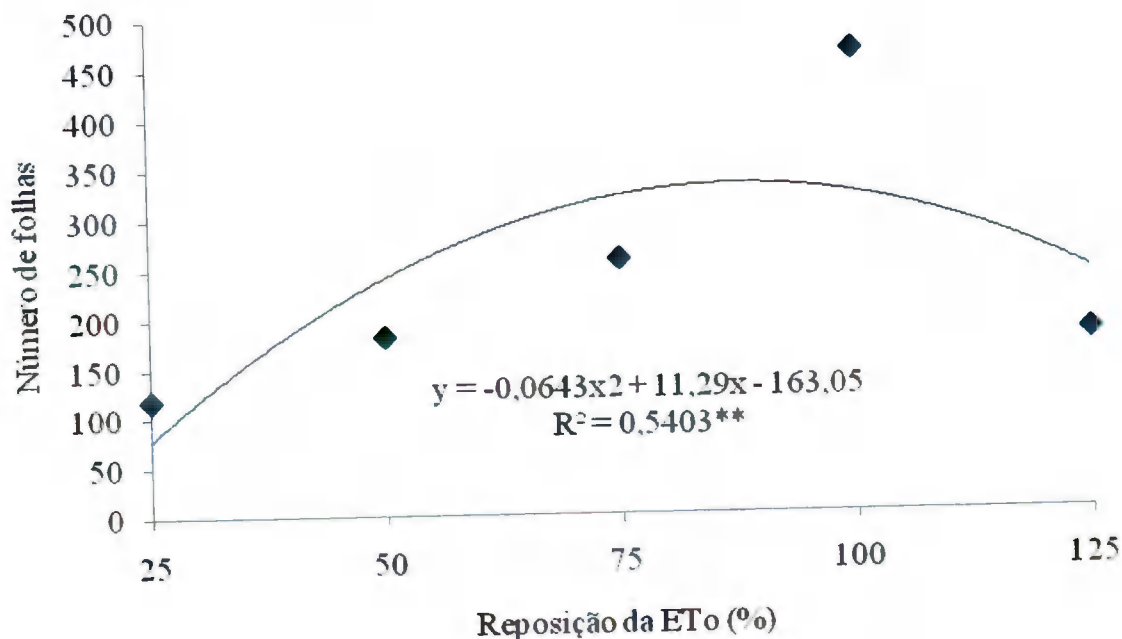
No desdobramento da interação aos 330 DAT do fator adubação dentro de cada lâmina de água de irrigação, no tratamento sem adubação a reposição de 73,03% da ETo promoveu um maior número maior de folhas, valor este da ordem de 199,98 (Figura 15); já na adubação orgânica o menor número de folhas, foi de 235,99, foi alcançado com a reposição de 77,42% da ETo (Figura 16) e na adubação química a reposição de 87,79% da ETo proporcionou o valor máximo de número de folhas, de 332,53 (Figura 17).



**Figura 15.** Análise de regressão para número de folhas em função da reposição da ETo, aos 330 DAT



**Figura 16.** Análise do número de folhas com adubação orgânica em função da reposição da ETo, aos 330 DAT



**Figura 17.** Análise do número de folhas com adubação mineral, em função da reposição da ETo, aos 330 DAT

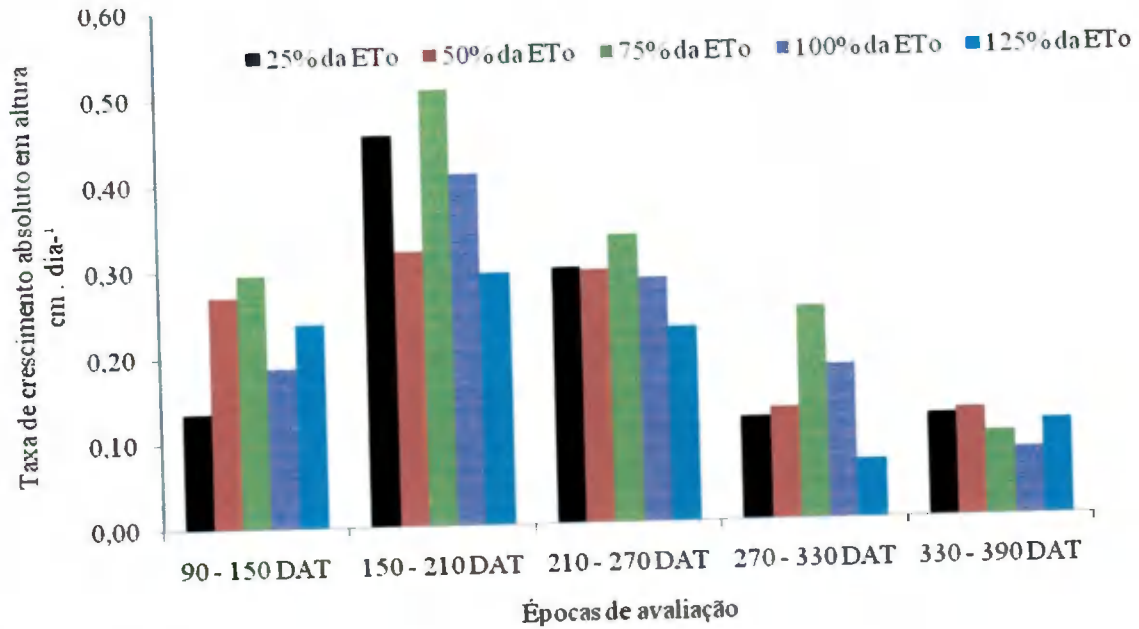
#### 5.2.4. Taxa de crescimento absoluto da altura de Plantas ( $TCA_{AP}$ )

De acordo com Benincasa (2003), a análise de crescimento de plantas é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas, dentro do seu ciclo; com isto, é possível avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos; a partir dos dados de crescimento pode-se inferir a atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes.

Verifica-se, na Figura 18, que os maiores valores do  $TCA_{AP}$ , foram atingidos a 75% da ETo, dos 90 aos 330 dias e que na última avaliação, de 330 aos 390 DAT, este nível de reposição caiu, no entanto, não significativamente, quando comparado com os outros níveis de reposição de ETo; a maior  $TCA_{AP}$  foi constatada dos 150 aos 210, e seu valor foi de 0,51 cm dia<sup>-1</sup>; enfim, notou-se que a menor  $TCA_{AP}$  ocorreu na penúltima avaliação (270-330DAT), com valor de 0,07 cm dia<sup>-1</sup>, em um nível de reposição de 100% da ETo.

Para Larcher (2000), paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo ocorrem pela canalização da energia, de nutrientes e assimilados destinados à floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético, na

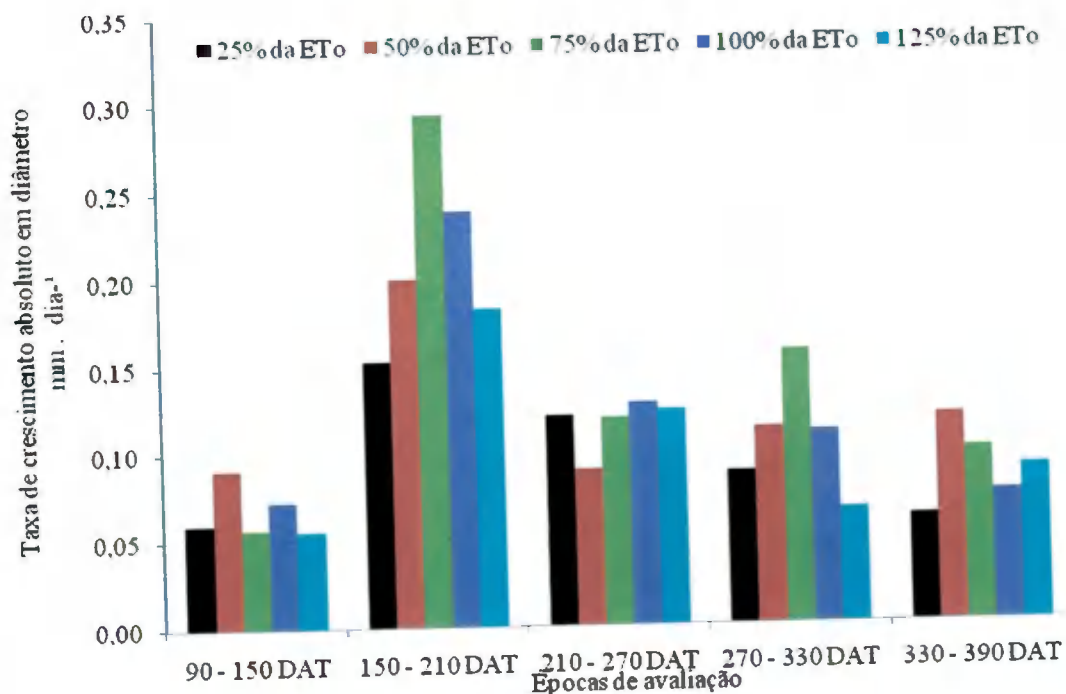
incorporação de substâncias minerais e na inobilização de reservas para a formação e enchimento dos frutos.



**Figura 18.** Análise da taxa de crescimento absoluto, na altura de plantas

#### 5.2.5. Taxa de crescimento absoluto do diâmetro de canle ( $TCA_{DC}$ )

Verifica-se, na Figura 19, que os maiores valores do  $TCA_{DC}$  foram atingidos para 75% da ETo na avaliação realizada entre 150 e 210 DAT, com o valor máximo de 0,29; enquanto que a menor  $TCA_{DC}$  foi constatada na última avaliação (330-390DAT) com valor de 0,06  $cm \cdot dia^{-1}$  no nível de reposição de 125% da ETo. Rodrigues (2008) observou, para a  $TCA_{DC}$  da cultura da mamoneira, efeito linear no período inicial de crescimento. Durante o período de 27-48 dias após a semeadura, o autor determinou um acréscimo de 110% na  $TCA_{DC}$  da mamoneira entre as plantas irrigadas com 0,60 e 1,20 da evapotranspiração.



**Figura 19.** Análise da taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule

### 5.3. Variáveis de produção

#### 5.3.1. Peso das sementes, dos frutos e da casca

Verifica-se, na Tabela 13, que as lâminas de irrigação não causaram diferença estatística significativa entre o peso das sementes, dos frutos e da casca; apesar de não ocorrer efeito significativo, com a irrigação a umidade do solo aumenta, contribuindo para maior produção das plantas.

Segundo Drumond (2007), nos nove primeiros meses de implantação da cultura do pinhão-manso, na região de Petrolina, PE, no espaçamento de 2x2, a produtividade média de sementes e frutos por hectare das plantas irrigadas ( $871 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi 3,5 vezes maior que aquela obtida apenas com o regime normal de chuva ( $246 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

A água constitui mais de 80% da maioria dos tecidos vegetais e forma uma fase contínua, desde os pelos absorventes das raízes até a epiderme das folhas, a qual constitui uma barreira à perda de água pelo vegetal, regulada pelos estômatos. A resistência do fluxo de vapor da água é mínima quando os estômatos são abertos; entretanto, quando eles se fecham ocorrem mudanças no metabolismo das plantas (JONES et al., 1985), fazendo com que a planta se adapte às novas condições e ajuste o fluxo osmótico (MUNNS et al., 1979), reduzindo, em consequência, a assimilação clorofiliana e influenciando o crescimento de frutos e, em contrapartida, de sementes e casca. Ainda na Tabela 13 a adubação causou efeito altamente significativo pelo teste F no peso de sementes, dos frutos e da casca. Verifica-se que não ocorreram diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, entre os valores



das médias dos tratamentos sem adubação e com adubação orgânica, mas a adubação mineral promoveu diferenças significativas em relação à condição sem adubação e com a adubação orgânica.

Peixoto (1973) citado por EPAMIG (2005) obteve, em amostra de 1,736 frutos secos colhidos, uma média de 2,75 sementes/fruto, peso médio de frutos e sementes de 2,97 e 0,72 g, respectivamente, e informou que do peso total dos frutos 66,77% eram sementes e 33,23% cascas.

**Tabela 13.** Resumo das análises de regressão do peso das sementes, dos frutos e da casca do pinhão-manso irrigado com água salina e adubado aos 90, 150, 210, 270, 330 e 390DAT

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios		
		Peso da Semente	Peso do Fruto	Peso da Casca
Blocos	3	6,10ns	10,49ns	4,18ns
Lâminas (L)	(4)	1,83ns	2,98ns	1,03ns
Regressão Linear	1	-	-	-
Regressão Quadrática	1	-	-	-
Desvio	2	-	-	-
Resíduo (a)	12	4,05	5,92	1,92
Adubação (A)	2	61,20**	96,16**	30,48**
L x A	8	4,50ns	7,24ns	2,62ns
Resíduo (b)	30	2,37	3,61	1,28
C.V. (a) %	-	58,60	56,87	53,95
C.V. (b) %	-	44,84	44,46	44,11
<b>Médias para as Lâminas de Água de Irrigação</b>				
25% da ETo		3,27 (16,33)	3,98 (24,91)	2,32 (8,75)
50% da ETo		3,34 (13,50)	4,05 (20,16)	2,44 (7,00)
75% da ETo		2,94 (11,50)	3,75 (18,41)	2,30 (6,91)
100% da ETo		3,98 (22,25)	4,92 (33,75)	2,88 (11,50)
125% da ETo		3,62 (20,75)	4,68 (33,75)	2,88 (12,16)
<b>Médias para Adubação</b>				
Sem Adubação		1,80 c (4,25 b)	2,23 c (6,40 b)	1,43 c (2,45 b)
Adubação Orgânica		3,21 b (13,25 b)	4,01 b (20,55 b)	2,38 b (7,30 b)
Adubação Mineral		5,28 c (33,10 a)	6,59 a (51,65 a)	3,88 a (18,05 a)

(\*\*, \*, <sup>ns</sup>) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ . Nos parênteses estão os dados reais

#### 5.4. Análise nutricional das folhas

Verifica-se, na Tabela 14, que não ocorreu efeito significativo das lâminas de irrigação no teor de nutrientes das folhas no final do experimento, nos elementos fósforo (P), potássio (K) e boro (B) e que, no sódio (Na), o efeito foi significativo a 5%, pelo teste F, e no nitrogênio (N) este efeito foi muito significativo a 1% e 5%, pelo teste F; analisando, ainda, os dados expostos nesta tabela, verifica-se que o efeito das adubações não foi significativo em nenhum dos elementos; já na interação LxA ocorreu efeito significativo nos elementos N e Na a 5% de probabilidade, pelo teste F.

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade para a formação das folhas e para suprir as demandas metabólicas dos frutos. O pinhão-manso é uma planta que apresenta alta taxa de crescimento, sendo o N essencial para a assimilação do C e formação de novos órgãos na planta (Taiz & Zeiger, 2004). Comparado com outras plantas, como cafeeiro (Laviola et al., 2006), goiabeira (Haag et al., 1993) e laranjeira (Mattos Jr. et al., 2003), o pinhão-manso apresentou maior teor de N nas folhas.

Verifica-se, pelas médias da mesma tabela, que as diferenças entre as lâminas de 25% e 75% da ETo são significativas apenas para os elementos N e Na, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); já nas médias dos tratamentos das adubações orgânica e mineral e sem adubação, não ocorreram diferenças estatísticas pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ), em todo o período da pesquisa.

Nesta pesquisa a ordem de acúmulo de nutrientes nas folhas foi a seguinte:  $N > Na > K > P > B$ , ou seja, similar à observada por Saturnino et al. (2005), com apenas ligeiras diferenças no teor de alguns nutrientes; por outro lado, os teores foliares de macronutrientes foram superiores aos observadas por Beltrão et al. (2007), que coletaram todas as folhas de uma planta de 100 dias, para análise química.

**Tabela 14.** Resumo das análises de variância dos teores de macro e micronutrientes em folhas de pinhão-mansão irrigado com água salina e adubado

Fonte de variação	G.L.	Quadrados Médios				
		N	P	K	Na	B
<b>Blocos</b>	3	6,33ns	0,16ns	7,04ns	1943041,26ns	93,00ns
<b>Lâminas (L)</b>	1	204,16**	0,16ns	92,04ns	20172167,04*	704,16ns
<b>Resíduo (a)</b>	3	2,94	0,61	16,70	1547045,37	131,16
<b>Adubação (A)</b>	2	31,79ns	0,29ns	10,29ns	7061240,62ns	347,04ns
<b>L x A</b>	2	44,04*	0,54ns	32,29ns	10191168,79*	310,04ns
<b>Resíduo (b)</b>	4	8,47	0,47	12,79	2133831,31	296,20
<b>C.V. (a)%</b>	-	5,95	19,14	18,20	18,74	21,54
<b>C.V. (b)%</b>	-	10,09	16,83	15,93	22,01	32,37
<b>Médias para as Lâminas de Água de Irrigação</b>						
<b>25% da ETo</b>		31,75 a	4,16 a	24,41 a	7554,41 a	47,75 a
<b>125% da ETo</b>		25,91 b	4,00 a	20,50 a	5720,83 b	58,58 a
<b>Médias para Adubação</b>						
<b>Sem Adubação</b>		27,87 a	4,12 a	23,75 a	7410,75 a	48,87a
<b>Adubação Orgânica</b>		31,12 a	3,87 a	22,00 a	6910,12 a	49,87a
<b>Adubação Mineral</b>		27,50 a	4,25 a	21,62 a	5592,00 a	60,75 a

(\*\*, \*, \*\*) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

## 6. CONCLUSÕES

1. Durante toda a pesquisa a evapotranspiração de referencia foi de 2111,0 mm. As lâminas de irrigação com 125, 100, 75, 50 e 25% da ETo corresponderam, respectivamente, a: 1.876; 1.501; 1.126; 750 e 375 mm.
2. As lâminas de irrigação não influenciaram significativamente na altura de plantas, e no diâmetro do caule esse efeito só ocorreu a partir de 270DAT. Em todas as épocas de avaliação, notou-se quando a cultura foi submetida à ausência da adubação, notou-se a menor altura das plantas e menor diâmetro; nos tratamentos com adubação mineral e orgânica não houve diferenças estatísticas dessas variáveis em nenhum período de estudo.
3. Quanto ao número de folhas, o efeito lamina de irrigação só foi evidenciado aos 90 e 390 DAT, já o tipo de adubação foi significativo em todas as épocas de avaliação, exceto aos 390 DAT e a interação entre os fatores só foi significativa aos 330 DAT.
4. O período de máximo crescimento, em altura de planta e diâmetro do caule, em todas as lâminas estudadas, ocorreu entre 150 e 210 DAT, com destaque para maiores taxas de crescimento absoluto dessas variáveis quanto se utilizaram 75% da ETo com o valor máximo 0,51 cm dia<sup>-1</sup> para a altura e de 0,29 mm/dia para o diâmetro.
5. As lâminas de irrigação não causaram diferença estatística significativa nas variáveis de produção (peso das seementes, dos frutos e da casca), enquanto a adubação causou efeito altamente significativo pelo teste F.
6. No estudo da análise de variância com os dados da análise foliar das plantas realizadas no final do experimento, encontrou-se efeito significativo das lâminas de irrigação apenas no sódio e nitrogênio. Quanto maior a lamina menor quantidade de nitrogênio em virtude do efeito lixiviação e, quanto maior a lâmina maior também a quantidade de sais nas folhas em razão do efeito salinidade da água de irrigação. O tipo de adubo não influenciou estatisticamente no teor de nutrientes das folhas analisada; contudo, houve interação significativa nos elementos nitrogênio e sódio.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABA - ANUÁRIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA, Santa Cruz do Sul, Ed: Gazeta, 2007.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998, 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANGUS, J. F.; van HERWAARDEN, A. F. Increasing water use and water efficiency in dryland wheat. *Agronomy Journal*, Madison, WI, v. 93, p. 290-298, 2001.
- ANYIA, A. O. e HERZOG, H. 2004 Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *Eur. J. Agronomy*. 20, 327-339.
- AMORIM, J. R. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 2, p.167-176, 2002.
- ARAÚJO, A. P.; NEGREIROS, M.Z.; PEDROSA, J. F.; OLIVEIRA, H.M.G. Características químicas de um solo adubado com esterco de bovinos e cultivado com repolho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 39. Tubarão. Resumo...Tubarão: SOB, 1999. N. 021.
- ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o Semiárido Nordeste. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado.
- BELTRÃO, N. E. M. Considerações gerais sobre o pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. Campina Grande, PB, 2006. 4p.
- BELTRÃO, N.E.M.; LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SAMPAIO, L.R.; SOFIATTI, V. & LEÃO, A.B. Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo pinhão-mansão sob interferência de plantas daninhas. In: congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 4., Varginha, 2007. Anais. Lavras, Universidade Federal de Lavras 2007. p.1892-1900.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal, FUNEP, 2003. 41p.
- BERNARDO, S. et al. Manual de irrigação. Viçosa: ed.UFV, 2006.
- BLANCO, F.F. Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. 104p. Dissertação Mestrado.

- BRASIL, Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Brasília: STI/CIT, 1985, 364p.
- CARMO, G. A.; MEDEIROS, J. F.; TAVARES, J. C. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 3, p. 513-518, 2003.
- CARNIELLI, F. O combustível do futuro. <http://www.ufmg.br/boletim>. 20 fev. 2008.
- CORTESÃO, M. Culturas tropicais: plantas oleaginosas. Lisboa: Clássica, 1956. 231p.
- CORREIA, K. G. Índices fenológicos e fisiológicos de amendoim sob estresse salino. Campina Grande: UFCG, 2005. 70p. Dissertação de Mestrado.
- DANTAS, J. P.; MARINHO, F. J. L., FERREIRA, M. M. M. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, n. 3, p. 425-430, 2002
- DEMÉTRIO, R. Efeito da aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa- C microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.). 89f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1988.
- DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI, A. Cultivo do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.): para produção de óleo combustível. Viçosa – MG, 2007. 40p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. il. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- DRUMOND, M. A. Produção de pinhão-mansão no semiárido brasileiro (2007). Disponível em: [www.cpamn.embrapa.br/agrobioenergia/trabalhos/016.PDF](http://www.cpamn.embrapa.br/agrobioenergia/trabalhos/016.PDF), Acesso em: 25 de setembro de 2008.
- DRUMMOND, O. A. et AL. “cultura do pinhão-mansão”. Belo Horizonte: Epamig, 1984, 99 p.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1997. 212p.
- ENGLISH, M.; RAJA, S. N. 1996, Perspectives on deficit irrigation. *Agr. Water Manage.* 32, 1-14.
- EPAMIG. Informativo agropecuário. n. 229, 2005.
- ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. Diminuição do Alumínio trocável do solo pela incorporação do esterco de bovinos e de cama de aviário. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. Campinas, v. 7, n. 2, p. 161-165, 1983.

- FERREIRA, P. V. Estatística experimental aplicada à agronomia. 2.ed. Revisada e ampliada. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 2000. 437p.
- FRIZZONE, J. A., Mélio Júnior, A. V., FOLEGATTI, M. V., BOTREL, T. A. Efeitos de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília - DF, v. 31, n. 6, p. 425-34, 2005.
- GHASSAN, T. Q.; MOHAMAD, I.; AL-WIDAN, B.; ALI, O, A Combustion performance and emissions of ethyl ester of a waste vegetable oil in a water-cooled furnace, Applied Thermal Engineer, v, 23, p, 285-293, 2003.
- GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos. Mossoró: ESAM, 1991. 70p.
- GHEYI, H. R.; Efeitos dos sais sobre as plantas. In: FAGEIRA, N.K. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: (s.e),1997.
- GOMES, P. Adubos e adubações. 12 ed. São Paulo: Nobel, 1982. 187p.
- HAAG, H.P.; MONTEIRO, F.A. & WAKAKURI, P.Y. Frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.): Desenvolvimento e extração de nutrientes. Sci. Agric., 50:413-418, 1993.
- HARGREAVES. G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. American Society of Agricultural Engineering, Chicago, v.85, n.1, p.2517, 1985.
- HATFIELD, J. L.; SAUER, T. J.; PRUEGER, J. H. 2001, Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. Agronomy. J. 93, 271-280.
- HELLER, J. Physic nut: *Jatropha curcas* L. Rome: International Genetic Resources Institute, 1996. 66p.
- HERNANDEZ, F. B. T. Determinação do consumo de água na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) na região de Jaboticabal, SP. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Prof. Julio de Mesquita Filho, 1991. 77p. (Dissertação de Mestrado).
- KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A, 2004.
- JONES, C. A. C4 Grasses and Cereals: Growth, Development and Stress Response. New York: John Wiley e Sons, 1985. 419 p.
- LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. Tradução: PRADO, C.H.B.A. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

- LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B. & ALVAREZ V., V.H. Dinâmica de N e K em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. *Biosci. J.*, 22:33-47, 2006.
- LAZOF, D. B.; BERNSTEIN, N. Effects of salinization on nutrient transport to lettuce leaves: consideration of leaf developmental stage. *The New Phytologist*, v. 144, n. 1, p. 85-94, 1999.
- MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. Studies on Nutritive Potential and Toxic Constituents of Different Provenances of *Jatropha curcas*: *Journal of Agriculture Food Chemistry, USA*, v.45, n.8, p.3152-3157, 1997.
- MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A.T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB. v.9, n.4, p.603-612, 1998.
- MEDEIROS, J. F., Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados de RN, PB e CE. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1992. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- MATTOS JR., D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. & ALVA, A.K. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. *Sci. Agric.*, 60:155-160, 2003.
- MUNNS, R.; BRADY, C. J.; BARLOW, E. W. R. Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v. 6, p. 379-389, 1979.
- NERY, A. R. Crescimento e desenvolvimento do pinhão-mansão irrigado com águas salinas sob ambiente protegido. Campina Grande: UFCG, 2008. 116p. Dissertação de Mestrado.
- NOBLE, C. L.; ROGERS, M. E. Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant and Soil*, v. 146, n. 1/2, p. 99-107, 1992.
- PEIXOTO, A.R. Plantas oleaginosas arbóreas. São Paulo: Nobel, 1973. 284p.
- PENIDO FILHO, P.; VILLANO, F. O emprego éster da mamona nos motores dos veículos
- PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O. A. Pinhão-mansão. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7p.
- QUEIROZ, C. R. A. A.; MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). *Revista Árvore*, v. 26, n. 4, p. 485 - 492, 1997.
- RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K.; WILHEIM, H. M. Biodiesel: Um Projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. *Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, n. 31, p.28-37, 2003.



- RHOADES, J. D; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Tradução de H.R. Gheyi, J.R. de Sousa, J. E. Queiroz. Campina Grande, UFPB, 1992. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).
- RICHARDS, L. A. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos e sodicos. United States Department of Agriculture (USDA), México, 1977. 172p.
- RODRIGUES, L. N. Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária. Campina Grande: UFCG, 2008. 144p. Tese de Doutorado.
- SANTOS, J. W. dos; GHEYI, H. R. Estatística experimental aplicada – Tópicos de engenharia agrícola e agrônômica. Ed. Gráfica Marcone Ltda. Campina Grande. 1998. 213p.
- SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J. TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). In: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, EPAMIG, v.26, n.229, p.44-78, 2005.
- SEDIYAMA, G. C. Necessidade de água para os cultivos. Brasília, ABEAS, 1987. 143p.
- SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; AMORIM NETO, M. S. Análise do crescimento de comunidades vegetais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 46 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 34).
- SILVA, S. M. S. Germinação, crescimento e desenvolvimento de genótipos de mamoneiro irrigados com águas salinas. Campina Grande: UFCG, 2004. 74p. Dissertação de Mestrado
- SILVA, F. C. Uso de dispositivos lisimétrico para medida da evapotranspiração de referência. Piracicaba: ESALQ. 1996. 68p. Dissertação de Mestrado.
- SILVEIRA, J. C. Contribution a l'étude du pulgère aux iles duCap Vert. In: INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA (Campinas,SP). Anais... Campinas, 1934. v. 6, p. 116-126.
- SOUSA, A. P.; DANTAS NETO, J. Manejo de irrigação através do balanço de água no solo. Teresina: Embrapa – CPAMN, Documentos 23, 1997. 36p.
- STROGONOV, B. D. Physiological basis of salts tolerance of plants. Jerusalem: Israel Program Science. Transl., 1964. 279p
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TEIXEIRA, A. H. C.; BASSOI, L. H.; COSTA, W. P. L. B.; SILVA, J. A. M; SILVA, E. E. G. Consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 10, n.1, p.45-50, 2002.
- TEIXEIRA, L. C. Potencialidades de Oleaginosas para produção de biodiesel. Informe Agropecuario, v.26,n. 229, 2003, p.18-27

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J. & YASUDA, E.K. Cultivo de pinhão-manso para produção de biodiesel. Viçosa, MG, CPT, 2007. 220p.

VALE, L. S.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Efeito da salinidade da água sobre o pinhão-manso. In: I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel. Anais, Brasília. p.87-90, 2006